Heft 1 Seite 1-48 1. Jahrgang Februar 1959
R. Oldenbourg München und Wien

ER

Elektronische Rechenanlagen

Zeitschrift für Technik und Anwendung der Nachrichtenverarbeitung in Wissenschaft Wirtschaft und Verwaltung



Siemens-Digitalrechner 2002

INHALT Heft 1 · 1959

CONTENTS

Elektronische Rechenanlagen

Zeitschrift für Technik und Anwendung der Nachrichtenverarbeitung in Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung.

Unter Mitwirkung des Fachausschusses 6 „Informationsverarbeitung" der Nachrichtentechnischen Gesellschaft im VDE (NTG) herausgegeben im Verlag R. Oldenbourg, München und Wien.

Schriftleitung:
Dr.-Ing. H. Billing, München, Dr.-Ing. H.-J. Dreyer, Stuttgart, Dipl.-Math. R. Herschel, Ulm, Dr. phil. nat. H. Kaufmann, München, Dr. techn. H. Zemanek, Wien

Büro der Schriftleitung:
D. Kroneberg, München 8, Rosenheimer Straße 145, Telefon: 44 98 31, Fernschreiber: 05/23789

Verlag und Anzeigenverwaltung:
R. Oldenbourg, München 8, Rosenheimer Straße 145, Telefon: 44 98 31, Fernschreiber: 05/23789
R. Oldenbourg, Ges. m. b. H., Wien III, Neulinggasse 26, Telefon: 72 62 58

Bezugsbedingungen:
Die Zeitschrift »Elektronische Rechenanlagen« erscheint vierteljährlich, jeweils im Februar, Mai, August und November.
Bezugspreis DM 40,— (Ausland DM 42,—) im Jahr zuzüglich Zustellgebühr, Einzelheft DM 12,—. Postscheckkonto München Nr. 5004, R. Oldenbourg.
Mitglieder der Nachrichtentechnischen Gesellschaft im VDE (NTG) zahlen den ermäßigten Bezugspreis von DM 32,— im Jahr, sofern sie ihre Bestellung an die NTG-Geschäftsstelle in Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, richten.

 Druck: R. Oldenbourg, Graphische Betriebe GmbH, München 8, Rosenheimer Straße 145

Elektronische Rechenanlagen

Zeitschrift für Technik und Anwendung der Nachrichtenverarbeitung in Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung

1. Jahrgang 1959, Heft 1

Zum Geleit

Ist der herkömmliche Seufzer: „Wieder eine neue Zeitschrift!" hier berechtigt? Ich glaube es nicht. Sie scheint mir vielmehr einem so ernst zu nehmenden Bedürfnis zu dienen, daß man mit mehr Recht fragen könnte, warum es sie nicht schon seit geraumer Zeit gibt. Dazu ein paar Worte der Begründung:

Elektronische Rechenanlagen — im weitesten Sinne des Wortes — dienen überall dort, wo es sich darum handelt, Informationsmengen zu verarbeiten — d. h. aufzunehmen, zu speichern, zu verknüpfen und die Ergebnisse in handlicher Form wieder bereitzustellen — und wo die schiere Quantität der zu verarbeitenden Information oder die Komplikation der Verknüpfungsaufgaben oder beides den Menschen überfordert und sogar zu nur mit elektronischen Mitteln erreichbaren Arbeitsgeschwindigkeiten zwingt.

Im ersten Stadium der Entwicklung war das einzige, übrigens auch heute noch wichtige Anwendungsgebiet die Rechnung für rein wissenschaftliche Zwecke und nicht zuletzt auch für Zwecke der technischen Entwicklung. Heute hingegen ist die elektronische Rechenanlage mit ihrer Fähigkeit, komplizierte Verwaltungsaufgaben zu automatisieren, gerade auch für solche Zwecke in die Welt der Industrie, des Handels, der Finanzwirtschaft, des Verkehrswesens und manche andere Zweige menschlicher Betätigung eingedrungen. Wo die Entwicklung bei uns in Deutschland wahrscheinlich hinführen wird, kann man ohne viel Phantasie aus dem schon heute in anderen Ländern, z. B. den USA, herrschenden Zustand ablesen, wo die elektronische Rechenanlagen herstellende Industrie den Rang einer Groß-Industrie erreicht hat, und wo ihre Erzeugnisse fast allgegenwärtig geworden sind.

Es ist keineswegs eine Übertreibung, wenn man feststellt, daß sowohl in der herstellenden Industrie wie auch überall dort, wo elektronische Rechenanlagen benützt werden, ein neuer Beruf, eine neue Art von Ingenieur im Entstehen begriffen und teilweise schon entstanden ist, dessen Berufsbild Züge scheinbar sehr verschiedener Berufsbilder, so das des Elektroingenieurs, des Mathematikers, des Statistikers, des Betriebswirtschaftlers in sich vereinigt, manchmal mit mehr Betonung auf dem einen, manchmal auf dem anderen, aber doch so, daß keine Seite dieses Bildes dem einzelnen ganz fremd sein darf.

Ein einigendes Band, das gemeinsame Berufsinteresse, umschlingt sie alle. Es ist ein geistiges Band und verlangt deshalb nach geistiger Nahrung und Gedankenaustausch. Das natürliche Hilfsmittel hierfür ist eine Fachzeitschrift, welche alle Seiten des neuen gemeinsamen Berufs pflegt und es so den Fachgenossen erspart, sich ihre Information aus vielen Zeitschriften zusammenzusuchen, indem sie ihnen ein gemeinsames Forum schafft. Die geistige Breite des neuen Gebiets liefert die innere, seine wirtschaftliche Bedeutung und damit auch die zu erwartende Leserzahl die äußere Rechtfertigung für die Neugründung. Der vorsichtige Entschluß des Verlags, die Zeitschrift vorerst nur vierteljährlich erscheinen zu lassen, wird wohl auch dazu beitragen, keine Angst vor Überfütterung aufkommen zu lassen. Ich glaube daher wirklich, daß wir alle nicht zu seufzen brauchen.

Was wird wohl der Inhalt der neuen Zeitschrift werden? Das hängt natürlich in erster Linie von den Schriftleitern und von den Autoren ab. Ein wenig kann man aber doch wohl zu prophezeien wagen: Es wird sicherlich Schilderungen interessanter Gesamtanlagen geben. Im einzelnen: grundsätzliche Erörterungen über Fragen der Systemplanung und der Einsatzplanung, Erörterungen über die innere logische Organisation, über Maschinensprachen und schließlich — aber nicht zuletzt — über die Schaltkreistechnik, die Speichertechnik und die Technik der Eingabe- und Ausgabeeinrichtungen. Die mit den wissenschaftlichen Rechenanlagen im engeren Sinne verknüpften mathematischen Fragen aus dem Gebiet der numerischen Analysis und der Programmierung spezieller mathematischer Algorithmen werden wohl — da sie schon heute ein umfangreiches und wohl abgeschlossenes Sondergebiet geworden sind — anderen Zeitschriften vorbehalten bleiben müssen.

Für ein hohes fachliches Niveau wird sicherlich der vom Verlag bestellte Schriftleiterstab und die Mitwirkung des Fachausschusses 6 „Informationsverarbeitung" der Nachrichtentechnischen Gesellschaft im Verband Deutscher Elektrotechniker sorgen.

Ein gutes Gedeihen wünscht der Zeitschrift für „Elektronische Rechenanlagen"

H. Piloty

Notizen und Berichte

Bis zum 1. März 1959 muß die Teilnahme an der Pariser Konferenz über Nachrichtenverarbeitung dem eigens dafür geschaffenen „Deutschen Ausschuß für Rechenanlagen (DARA)" mitgeteilt werden. Adresse: *Prof. Dr. A. Walther, (16) Darmstadt, Technische Hochschule.* Eine Teilnahmegebühr wird nicht erhoben.

Die Tagung nennt sich „International Conference on Information Processing (ICIP)", wird auf Anregung des Joint Computer Committee von der UNESCO veranstaltet, findet statt vom 15. bis 20. Juni 1959 in Paris, ist die erste ihrer Art und verspricht daher, außerordentlich interessant zu werden. Vorgelegt wurden 167 Referate; jedoch hat die Tagungsleitung die Zahl der Vorträge auf 66 reduziert, von denen sechs als einführende Überblicke gedacht sind. Die übrigen 60 Vorträge sollen je eine halbe Stunde dauern. Verhandlungsgegenstände der Konferenz sind sechs Hauptgebiete, die jeweils von einem (nachfolgend in Klammern gesetzten) „Opening Speaker" betreut werden:

1. Numerische Rechenverfahren (Prof. *Kuntzman*, USA),
2. Logischer Aufbau von Ziffernrechnern (Prof. *Wilkes*, England),
3. Gemeinsame Symbolsprache (Prof. *Gorn*, USA),
4. Automatische Sprachübersetzung (Prof. *Panow*, UdSSR),
5. Sammeln, Speichern und Wiederauffinden von Informationen (Dr. *Alexander*, USA),
6. Zeichenerkennung und Lernen der Maschinen (Prof. *Steinbuch*, Bundesrepublik).

Neben den Vorträgen in den Sitzungen werden dreizehn Symposien über spezielle Interessengebiete abgehalten: *1. Beziehungen zwischen digitalen und analogen Rechnern, 2. Einsatz von Rechenmaschinen für die Wettervorhersage, 3. Automatische Programmierung, 4. Numerische Analysis und Rechenanlagen, 5. Entwurf sehr großer Speicher, 6. Logische Organisation für Rechner extrem großer Geschwindigkeit, 7. Lösungsmethoden für lineare Systeme, 8. Linear Programming, 9. Logische Organisation sehr kleiner Maschinen, 10. Programmierung, 11. Schaltungsalgebra, 12. Fehlerentdeckung und -korrigierung, 13. Sprachübersetzung.*

Verbunden mit der Konferenz ist eine Ausstellung für nachrichtenverarbeitende Systeme und verwandte Gebiete *(Auto-Math 59)*, die vom 13. bis 23. Juni im Grand Palais geöffnet ist. Der Besucher wird Gelegenheit haben, sich durch Lehrvorträge und Vorführungen mit den ausgestellten Maschinen vertraut zu machen.

●

Norman R. Scott, associate professor für Rechenmaschinentechnik an der Universität von Michigan, schreibt in „Control Engineering" über den Stand der russischen Rechenmaschinen-Entwicklung. Als Gast der Sowjetischen Akademie der Wissenschaften besuchte er mit einer Studiengruppe die Städte Moskau, Kiew und Leningrad. Allgemein äußerte *N. R. Scott* die Ansicht, daß in der Sowjetunion wesentlich weniger Rechenmaschinen vorhanden seien als in den USA und daß ferner die Zuverlässigkeit dieser Maschinen zu wünschen übrig ließe. Die Ursache dafür sei allerdings eher in der Anfälligkeit der verwendeten Bauelemente als in mangelhafter Konstruktion zu suchen. Immerhin müsse man annehmen, daß mit einer Verbesserung der Bauteile-Fertigung die Rechenmaschinen-Entwicklung schnell fortschreiten werde, da die mathematisch-logischen Vorarbeiten einen sehr bedeutenden Stand erreicht hätten.

●

Seit Juli 1957 verkaufte die *Electronic Associates Inc.* in Europa über zwanzig Analogrechenanlagen „Pace". Der Preis für eine Maschine beträgt 33000 £.

●

United Air Lines bestellte bei der *Teleregister Corp.* für 16 Millionen Dollar eine Platzbuchungsanlage mit Digitalrechnern. Die verwendeten Digitalrechner vom Typ „Telefile" sind eine Eigenentwicklung der *Teleregister Corp.* und liegen in der Größenordnung zwischen der IBM 650 und der IBM 705. Neu ist die Kombination von Datenverarbeitung und Rechenzentrum: die United Air Lines will mit dieser Anlage nicht nur ihren Linienverkehr bedienen, sondern zugleich ihre Kosten- und Ertragsrechnungen ausführen.

●

Die *Internationale Studiengesellschaft für wirtschaftliche, wissenschaftliche und kulturelle Zusammenarbeit* in Wiesbaden veranstaltete vom 1. bis 5. Dezember 1958 ein Fachseminar zu dem Thema „Elektronische Rechengeräte — Arbeitsweise und Praxis". Den Einführungsvortrag hielt Prof. Dr. *B. Thüring* über Fragen der Programmierung kaufmännischer Probleme. Die Teilnehmer des im übrigen gut besuchten Seminars kamen hauptsächlich aus Wirtschaft und Verwaltung, wobei die starke Beteiligung österreichischer Fachleute besonders auffallend war. Im Verlauf der Vorträge und Gespräche wurden die Schwierigkeiten deutlich, die in der gleichzeitigen Beherrschung der drei Fragenkreise „Kaufmännisches Denken" — „Programmierung" — „Maschinentechnik" liegen. Die weiteren Seminare dieser Studiengesellschaft dürften mit Interesse zu verfolgen sein.

●

Auf dem vom 13. bis 18. Oktober 1958 in Madrid veranstalteten Internationalen Kongreß zum Thema „Automatisierung" wurden insgesamt 55 Vorträge gehalten. Von diesen 55 Vorträgen behandelten im Grunde nur zehn das eigentliche Thema, während sich vierzig Referenten mit elektronischen Rechenmaschinen befaßten. In fünf Vorträgen wurden wirtschaftliche und menschliche Aspekte betrachtet.

Aus der Fülle der Beiträge seien hier einige herausgegriffen. Das Gastland Spanien brachte vorwiegend Beiträge über Bauelemente (Ferroresonanz). Prof. *Ekelöf* (Schweden) referierte über Eigenschaften und Anwendungen von Thermistoren. Allgemeine Gesichtspunkte zum Thema „Automatisierung und Kybernetik" behandelten die beiden Vorträge der Professoren *Vieweg* (Deutschland) und *Boulanger* (Belgien). Während sich der erstere mehr in klassischen Gedankengängen bewegte, vertrat der zweite Sprecher einen extrem kybernetischen Standpunkt; die weitere Entwicklung und insbesondere die Zukunftsaussichten der Grenzgebiete zwischen Biologie und Technik wurden von ihm sehr optimistisch, wenn auch idealisierend beurteilt. Über eine Lernmaschine berichtete Dr. *Uttley* (England) interessante Einzelheiten. Prof. *Belevicz* (Belgien) brachte eine Störungsrechnung für die Stabilitätsuntersuchung von nichtlinearen, rückgekoppelten Netz-

werken. Prof. *Stiefel* (Schweiz) behandelte neben der Rechenmaschine der ETH Zürich (ERMETH) das Problem des mathematischen Unterrichts, der im Zeitalter der elektronischen Rechenmaschine völlig neue Gesichtspunkte erfordert, sowie das Problem der Formelsprache. Dr. *van der Poel* (Holland) gab eine Übersicht über die Entwicklung von Rechenmaschinen im Amsterdamer Rechenzentrum. Über die Arbeiten des Max-Planck-Instituts für Physik und Astrophysik, Arbeitsgemeinschaft für elektronische Rechenmaschinen, sprach Prof. *Biermann.*

Komplette Systeme für Nachrichtenverarbeitung wurden beschrieben von Prof. *Booth* aus England (M2), Mr. *Stautner* aus den USA (IBM 7070) und Dr. *Dreyfus* aus Frankreich (Bull/Gamma 60). Dr. *Zuse* (Deutschland) erläuterte die von ihm vorgeschlagene Feldrechenmaschine. Über Rechenanlagen im allgemeinen sprach Prof. *Walther* (Deutschland), über ihre Anwendungen in der Büroorganisation gab Dr. *Alexander* (USA, Bureau of Standards) einen geistreichen Überblick; eine Systematik der Analogrechner wurde von Dr. *Tomovic* (Jugoslawien) vorgebracht. Herr *Zschekel* (Deutschland) berichtete über nachrichtenverarbeitende Systeme der Standard Elektrik Lorenz. Dr. *Zemanek* (Österreich) sprach über Netzwerktheorie.

Alle Vorträge sollen so bald wie möglich gesammelt als Buch erscheinen.

●

Die IBM wird im Frühjahr 1959 mit dem Bau eines neuen Laborgebäudes in Yorktown, New York, beginnen. Dieses Forschungslabor wird nach seiner Fertigstellung den bisher bestehenden IBM-Laboratorien in New York-City, San José und Zürich übergeordnet sein.

●

Mitte Januar trafen sich im *Rockefeller Institute*, New York, Mediziner, Ingenieure, Biophysiker und Programmierungsfachleute zu einer Diskussion über die Einsatzmöglichkeiten datenverarbeitender Anlagen in Krankenhäusern, bei Reihenuntersuchungen und im öffentlichen Gesundheitswesen.

●

Von der *Banco di Roma* wurde kürzlich die aus 25 Maschinenaggregaten bestehende IBM 705 aufgestellt. Anlagen vom Typ IBM 705 sind in Europa bis jetzt nur von den Farbwerken Hoechst in Frankfurt und von einem französischen Versicherungskonzern in Betrieb genommen worden.

●

Auf der Rechenmaschinen-Ausstellung in der Olympia-Messehalle, London (28. 11. — 4. 12. 1958), wurden eine Reihe von interessanten Neuentwicklungen gezeigt. Die Schau bot außerdem einen umfassenden Überblick über die in England verfügbaren Analog- und Digitalrechner.

Creed & Co. zeigte mit dem Modell 3000 einen Streifenlocher für 300 Zeichen/s. *Rank Xerox Industries* brachte als neues Ausgabe-Gerät den „Xeronic"-Schnelldrucker. Das auf dem xerographischen Prinzip beruhende Gerät arbeitet mit einer Geschwindigkeit von 1500 Zeilen/min bei einer Zeilenlänge von 256 Zeichen. *Solartron Electronic Group* zeigte die Lesemaschine ERA (Electronic Reading Automaton), die gedruckte Zahlen mit einer Geschwindigkeit von 300 Zeichen/s liest. *Ferranti* führte eine Platzbuchungsanlage vor, die von Ferranti Canada für die Trans Canada Air Lines geliefert wurde. Außerdem stellte sie, neben den bekannten Ferranti-Rechnern „Pegasus" und „Mercury", den speziell für kommerzielle Anwendungen gebauten „Perseus" vor (Preis 300 000 £). *Ultra Electric* zeigte erstmalig ein in Zusammenarbeit mit Ferranti entwickeltes, volltransistoriertes Gerät zum „Mischen" von zwei Eingabelochstreifen auf einen Ausgabestreifen.

1*

Von den auf der Messe ausgestellten Digitalrechnern seien hier einige ausgewählt: *British Olivetti* (Converter CBN 01, Lochstreifen auf Magnetband und CBN 02, Lochstreifen auf Lochkarte); *Britisch Tabulating Machine Co.* (Type 555 und Type 1201); *EMI Electronic* (Emidec 1100 gekoppelt mit Powers-Samas-Drucker); *English Electric Co.* (Deuce); *IBM* (IBM 421/604, IBM 650/727/407, IBM 305 RAMAC/370 und die Zusatzmaschinen IBM 026 und IBM 083); *Metropolitan-Vickers Electrical Co.* (Metrovick 950, für mathematische Arbeiten); *National Cash Register Co.* (National-Elliott 402 F und 405); *Powers-Samas* (Tabelliermaschine PCC und Samastronic-Schnelldrucker); *Standard Telephones & Cables* (Stantec-Zebra).

Außerdem wurden zahlreiche Digitalrechner angekündigt, z. B. die Hollerith Type 1400 der *British Tabulating Machine Co.*, der Emidec-Rechner 2400, die *National Elliott* Machine 405 M und der oben schon erwähnte Perseus-Rechner von *Ferranti.*

Eine gut illustrierte und umfassende Vorschau auf die Ausstellung findet sich in Heft 5 (November 1958) der Zeitschrift CONTROL, dem auch eine Übersichtstafel über den derzeitigen Stand der Rechenmaschinentechnik in England beigegeben ist.

●

The Mechanization of Thought Processes hieß ein Symposion, das das National Physical Laboratory in Teddington Ende November 1958 veranstaltete. Die Teilnehmer, unter ihnen Prof. *Wiesner* (MIT), Dr. *Uttley*, Dr. *Wilkes*, beschäftigten sich mit allgemeinen Prinzipien, automatischer Programmierung, Sprachübersetzung, Machine Learning und Anwendungen in Biologie und Industrie. Die siebenundzwanzig, zum Teil hochinteressanten Vorträge sollen im Sommer 1959 vom H. M. Stationery Office, London, herausgegeben werden.

●

Am 14. Januar 1959 hielt die *Society of Instrument Technology* ein Symposion über Digitalspeicherverfahren ab. Vier Vorträge dieses Symposions finden sich als Vorabdruck im Band 10, Nummer 4 (Dezember 1958) der Transactions of the Society of Instrument Technology. Es handelt sich um Beiträge über die neuere Entwicklung von Lochkartenmaschinen, über ein neues Magnetbandverfahren der Firma Benson-Lehner, über Lochstreifenspeicher und über ein Magnetbandverfahren der Firma Decca Radar Ltd.

●

In ihrem Münchner Werk veranstaltet die *Beckmann Instruments* laufend Lehr- und Informationskurse, um Interessenten mit dem Analogrechner EASE 1100 vertraut zu machen.

●

Die Hauptverwaltung Hamburg der *Dresdner Bank AG* nahm im Oktober 1958 die neue UCT-Anlage der *Remington Rand* in Betrieb (Digitalrechner mit Lochkartenverarbeitung). Hierüber berichtet eine 31seitige Broschüre, die aus diesem Anlaß von der Dresdner Bank herausgegeben wurde.

●

Die im Jahre 1955 in Brüssel gegründete *Association Internationale pour le Calcul Analogique (AICA)* hielt vom 1. bis 7. September 1958 ihre zweite wissenschaftliche Tagung ab. Dazu hatten sich etwa 350 Fachleute aus aller Welt in Straßburg eingefunden. In ungefähr 80 Vorträgen wurde über den Stand der Analogrechentechnik berichtet. Die Tagung vermittelte einen ausgezeichneten Überblick über moderne Maschinen, Bauelemente und Anwendungsbeispiele; sie zeigte, daß die Möglichkeiten der Analogrechentechnik bei weitem noch nicht erschöpft sind. Be-

sonders interessant waren die Beiträge zu dem Problem, wie sich Analogrechenmaschinen zusammen mit Digitalrechnern betreiben lassen, so daß die Vorteile beider Systeme ausgenutzt werden können. Überhaupt scheint sich der Unterschied zwischen beiden Maschinenarten mehr und mehr zu verwischen.

Seit ihrem Bestehen gibt die AICA dreimal jährlich ein Bulletin mit allgemeinen Informationen, eigenen Arbeitsberichten u. ä. heraus, das seit Juni 1958 in erweitertem Umfang unter dem Titel „Annalen der Internationalen Gesellschaft für Analogrechentechnik" erscheint; diese Publikation enthält neuerdings auch Originalarbeiten theoretischer und anwendungstechnischer Art sowie Besprechungen derartiger Arbeiten.

Außerdem arbeitet ein 1956 in Paris gegründetes Redaktionskollegium an einer Reihe von Monographien, von denen die erste kürzlich erschienen ist („Repetierende Analogrechenmaschinen", französisch, redigiert von R. Tomovic, Jugoslawien).

●

Im Dezemberheft des ISA-Journal (Instrument Society of America) beschreibt *G. L. Hollander* einen speziell für den Einbau in Flugzeuge entwickelten Digitalrechner. Es handelt sich um den Transac C-1100, einen volltransistorierten Magnettrommelrechner, dessen Gewicht nur etwa 75 kg beträgt. Die Maschine arbeitet als „on-line computer", ist also einem ausgedehnten System von Meßfühlern und Reglern fest zugeordnet.

●

Anläßlich der Inbetriebnahme eines Z-22-Rechners der Firma *Zuse KG* und einer Analogrechenmaschine der Firma *Telefunken* wurde im *Institut für angewandte Mathematik der Universität Mainz* ein Kolloquium abgehalten. Nach der Begrüßung durch den Rektor der Universität und durch einen Vertreter des Kultusministeriums von Rheinland-Pfalz sprach der neu ernannte Professor Dr. *F. L. Bauer* einige einleitende Worte. Anschließend folgten Vorträge der Herren Prof. Dr. *E. Stiefel* (Zürich), Prof. Dr. *Sauer* (München), Dr. *H. Zemanek* (Wien) und Prof. Dr. *Rutishauser* (Zürich). Die Hauptthemen des Kolloquiums befaßten sich mit dem Einfluß der Rechenautomaten-Technik auf die numerische Mathematik.

●

Die jährlich stattfindende *Eastern Joint Computer Conference*, 1958 mit mehr als 2000 Teilnehmern (Philadelphia 3. bis 5. Dezember), gab in 39 Vorträgen einen Überblick über den heutigen Stand der Entwicklung und Anwendung digitaler Rechenanlagen. Die Schwerpunkte haben sich gegenüber der letzten Western Joint Computer Conference wenig verschoben. Besonders deutlich ist auch in Philadelphia auf die Bedeutung der dünnen Schichten magnetischer oder supraleitfähiger Materialien für die zukünftige Technologie digitaler Rechenanlagen hingewiesen worden. Die heute erzielten Ergebnisse lassen es möglich erscheinen, in Zukunft mehr als 1500 logische Elemente nebst den sie verbindenden Leitungen je qcm unterzubringen. Die dadurch erzielbare Reduzierung der Größe und des Preises digitaler Rechner wurde auch hinsichtlich der Auswirkungen auf den Entwurf digitaler Systeme diskutiert.

Wie auf früheren Konferenzen war auch diesmal ein Trend in Richtung auf höhere Operationsgeschwindigkeiten bemerkbar. Die dadurch ausgelöste Entwicklung auf dem Speichergebiet hat in der Zwischenzeit zu Magnetkernspeichern geführt, die bei einer Kapazität von 1000 Worten eine Zykluszeit von 0,5 Mikrosekunden haben.

Ein Nachmittag war dem Entwurf digitaler nachrichtenverarbeitender Systeme gewidmet. Die größere Komplexität der heute entstehenden Systeme, die hohen Anforderungen an ihre Zuverlässigkeit, die kurzen Zeiten, in denen solche Systeme entworfen werden müssen und der Mangel an auf diesem Gebiet erfahrenen Ingenieuren kennzeichnen das hier zu bewältigende Problem. Die aufgezeigten Lösungen machten insbesondere im Anfangs- und Endstadium des Entwurfs Gebrauch von bereits bestehenden Rechnern.

Ein besonderer Tagungspunkt war die Zuverlässigkeit digitaler datenverarbeitender Systeme wie Univac Athena und IBM Sage, die in militärischen Kontrollsystemen eingesetzt sind. Breiten Raum nahmen Fragen des Einsatzes von Digitalrechnern im kommerziellen Bereich und damit zusammenhängende Probleme der Datenverarbeitung ein. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß alle in der Schlußsitzung vorgestellten neuen Computer (Siemens 2002, RCA 501, IBM 7070, Philco Transac S-2000, Bull Gamma 60, G. E. Model 100 System) transistoriert sind. Während der Konferenz wurde bekannt, daß die IBM 709 demnächst auch in einer transistorierten Ausführung unter der Bezeichnung 7090 erscheinen wird.

Ausführliche Angaben sind den voraussichtlich im April 1959 erscheinenden Conference Proceedings zu entnehmen.

●

Als einer der größten Zulieferer von Bauelementen für elektronische Rechenanlagen hat es die *Valvo GmbH* unternommen, eine zusammenfassende Darstellung der wichtigsten Bauelemente und Schaltungen für Digitalrechner zu veröffentlichen. In den Heften zwei und vier (Juli und Oktober 1958) der Valvo-Berichte sind die beiden ersten Teile dieser Arbeit erschienen, für die als Verfasser *G. Haas* verantwortlich zeichnet. Die Schrift vermittelt einen ausgezeichneten Einblick in das behandelte Gebiet. Der dritte, abschließende Teil dieser Arbeit soll in Kürze erscheinen.

●

Vor einigen Monaten wurde in Brüssel das zentrale Sortierpostamt X, eine der modernsten Einrichtungen dieser Art, seiner Bestimmung übergeben. Das mit einem Kostenaufwand von 400 Millionen bfrs errichtete Gebäude hat die Funktion von ehemals vier Sortierämtern übernommen und kann täglich mehr als 40 Millionen Postsendungen verarbeiten.

Bemerkenswert ist die Lösung des Verteilproblems. Jede der sechs Verteilmaschinen (Gesamtkapazität 100000 Briefe pro Stunde) hat sechs Arbeitsplätze, die an einer Längsseite angeordnet sind. Vor den Sortierern laufen die zuvor ausgerichteten Briefe auf einem Band vorbei und werden je nach Zielort mit einer Codenummer versehen. Anschließend wird jeder Brief in ein Fach eines endlosen Förderbandes mechanisch eingeworfen. Unter diesem Band laufen in Querrichtung 340 weitere Bänder, die zu den einzelnen Richtungsfächern führen. Befindet sich ein bestimmtes Fach auf dem oberen Band über dem der Codenummer des Briefes entsprechenden Richtungsband, so öffnet sich eine Klappe und der Brief läuft in das für ihn zutreffende Richtungsfach.

Erwähnenswert ist außerdem eine elektrische Eisenbahn (Spurweite 18 cm), die eine Entfernung von 400 m zwischen dem Verteilpostamt und dem Telegrafenamt überbrückt. Sie läuft in einem unterirdischen Kanal und dient dem Transport von Eilbriefen.

●

Nach monatelangen Untersuchungen wurde in den USA eine neue Regierungsbehörde für Wissenschaft und Technik geschaffen, deren Einrichtung Präsident *Eisenhower* Ende Dezember 1958 zustimmte. Die Leitung dieser neuen Behörde wird Dr. *J .R. Killian* übernehmen.

Konrad Zuse



Foto:
Zeuch & Reimann
Bad Hersfeld

Einzelgänger im Reich der Technik sind selten geworden. Das Feld ist abgesteckt: was sich vorwärtsbewegt, arbeitet — schon der Gelder wegen, die jede moderne Entwicklung verschlingt — in wohlbehüteten Teams. Jene oft abenteuerlichen Umstände, von denen die großen Erfindungen des technischen Zeitalters begleitet waren, würden wir heute allzu „umständlich" finden. Zwar ist der persönliche Einsatz des Erfinders sicher nicht geringer zu werten als früher, aber er ist von anderer Art, nämlich weniger leidenschaftlich und weniger romantisch denn je zuvor. Immerhin gibt es Ausnahmen. Und eine dieser Ausnahmen ist Konrad Zuse, dem die Technische Universität Berlin-Charlottenburg im Mai 1957 die Würde eines Dr.-Ing. E. h. verlieh — als Dank und Anerkennung für zweieinhalb Jahrzehnte verdienstvoller Entwicklungsarbeiten ihres ehemaligen Schülers.

Zuse entstammt einer Berliner Beamtenfamilie. Er wurde 1910 geboren, verlebte eine auch von den Kriegsjahren nur wenig getrübte Kindheit und besuchte schließlich das Realgymnasium. Von der eigentümlichen Unruhe, die das Berlin jener Jahre auszeichnete, wurde er nicht übermäßig angerührt. Dagegen beschäftigte ihn schon damals in steigendem Maße ein erstaunlicher Produktivitätszwang: kaum eine technische Konstruktion, an der er sich nicht versuchte, kaum ein Projekt, das er nicht plante. Das fing beim Stabilbaukasten an und führte in bunter Reihe quer durch die Technik bis zu dem schon recht ernsthaft vorgebrachten Entwurf einer 37-Millionen-Großstadt, „Metropolis" genannt, die der Sechzehnjährige mit völlig neuartigen Verkehrsmitteln ausstattete. Nichts war also selbstverständlicher als dies: Technik studieren um jeden Preis, und so schrieb er sich 1928 bei der Fakultät für Maschinenbau an der Technischen Hochschule ein.

Was ihn hier nach kurzer Zeit befremdete, war nicht etwa der Maschinenbau, sondern die Strenge des Lehrplanes. Unter den häufigen und umfangreichen Übungsarbeiten litt nach seinem Gefühl die akademische Freiheit in bedenklicher Weise — Grund genug, sich nach größerer Freiheit umzusehen, die er alsbald bei den Bauingenieuren fand. Er fand dort in der Folge allerdings noch etwas anderes, den Angelpunkt einer Idee, die ihn nicht wieder loslassen sollte. Die Berührung mit den umständlichen und geisttötenden Rechenverfahren der Statik brachte ihn nämlich auf den Gedanken, eine Rechenmaschine zu entwerfen. Gleichzeitig reifte eine andere Erkenntnis: er sah plötzlich die Gefahr der Verzettelung, die in der Vielseitigkeit seiner Interessen lag. Zuse war im 7. Semester, und man zählte das Jahr 1932, als er — nicht ohne schmerzlichen Abschied von den übrigen Betätigungsfeldern — seine Kraft auf die eine Aufgabe konzentrierte.

Was sich nun entwickelt, entspringt zwei grundlegenden Konzeptionen, die für die moderne Rechenmaschinentechnik verbindlich geblieben sind — Programmsteuerung und Dual-Prinzip. Von vornherein verzichtet er auf eine dekadische Darstellung der Zahlen in der Maschine und verwendet das reine Dualsystem, das sich mit bistabilen Schaltgliedern realisieren läßt. Bei einem Altwarenhändler ersteht er die ersten Relais. Das 1934 stattfindende Diplomexamen als Bauingenieur ist bereits zur Nebenarbeit geworden. So ist es verständlich, daß er nach Beendigung seines Studiums nur ein einziges Jahr in dem erlernten Beruf engagiert bleibt. Ab 1935 liegt sein Weg klar vor ihm. Er beginnt mit einfachsten Mitteln in der elterlichen Wohnung zu basteln, privatisiert, lebt in äußerster Bescheidenheit, wird von einigen Freunden unterstützt und baut die Z1 — seine erste programmgesteuerte Rechenmaschine.

Darüber vergehen Jahre. Nur wenige vermögen zu beurteilen, was sich dort in dieser Wohnung tut, nur wenige werden überhaupt eingeweiht. Immerhin genießt er schon einigen Ruf, was sich bald als nützlich erweisen soll. Während er nämlich still und ohne sich um die Welt zu kümmern an seiner Idee arbeitet, gerät eben diese Welt in Bewegung: das Jahr 1939 rückt heran, und ehe Zuse richtig begreift, ist er Soldat. Von einer Seite, für die er schon einige Arbeiten ausgeführt hatte, kommt der Antrag auf Rückstellung, dem nach einigem Zögern auch stattgegeben wird. Zuse erhält nun den Auftrag, für die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt ein Rechengerät zu bauen. Außerdem entwickelt er für die Flugzeugfirma Henschel zwei Spezialmaschinen zur Berechnung der Flügel- und Leitwerkverstellungen einer fliegenden Bombe. Das zweite dieser Geräte arbeitete mit automatischer Übertragung der laufend gemessenen Werte direkt in die Maschine (Analog/Digital-Umformung). Die Professoren Teichmann und Wagner unterstützen ihn in dieser Zeit und verhindern, daß er wieder von seiner Arbeit fortgenommen wird.

Die für die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt entwickelte Maschine — es ist bereits der dritte Entwurf, und

er trägt den Namen Z3 — ist die erste programmgesteuerte Rechenmaschine der Welt, die einwandfrei arbeitet. Sie rechnet im reinen Dualsystem mit gleitendem Komma (halblogarithmische Darstellung); aber obwohl es seit 1941 eine mehrere Mitarbeiter zählende Firma Zuse-Apparatebau gibt, kommen die Arbeiten unter dem Eindruck des Krieges mehr und mehr zum Erliegen. Als die Z 3 bei einem Bombenangriff zerstört wird, wagt man sich dennoch an den Bau einer vierten Maschine, die tatsächlich kurz vor Kriegsende betriebsfertig ist. Im Februar 1945 gelingt es Zuse, diese wertvolle Maschine zu verladen und in einer vierzehn Tage dauernden Fahrt von Berlin nach Göttingen zu transportieren. Dort kann er sie zu Ostern, während aus Richtung Kassel schon Geschützfeuer zu hören ist, noch einmal störungslos vorführen. Dann ist das Ende da. Zuse verschwindet samt Maschine in südlicher Richtung und findet in einem kleinen Ort im Allgäu Unterschlupf.

Von hier aus sucht er Kontakte. Es kommen Amerikaner und Franzosen, Techniker und Militärpolizisten, und schließlich kommen Herren von der ETH Zürich, die das Modell Z4 für ihr Mathematisches Institut erwerben. Für Zuse ist dies das Startsignal, aber erst 1949 gelingt es ihm, seine Firma in Neukirchen, Kreis Hünfeld, wieder aufzubauen. Die mit dem Modell Z3 begonnene Entwicklungsreihe schließt er mit einer weiteren Verbesserung, der Z5, ab und verkauft diese Maschine an die Firma Leitz/Wetzlar.

Inzwischen hat in den USA und in Europa eine stürmische Entwicklung eingesetzt, die zwar ebenfalls mit Relaisrechnern anfängt, aber unverkennbar zur Verwendung elektronischer Bauelemente drängt. Auch Zuse erkennt dies rechtzeitig und bringt eine völlig neue Konstruktion, die seit kurzer Zeit als Z22 auf dem Markt ist.

Heute hat die Zuse KG, die inzwischen nach Hersfeld übergesiedelt ist, rund 200 Mitarbeiter, und der 48jährige Chef der Firma muß sich notgedrungen mehr dem Unternehmen als der Technik widmen. Vom wissenschaftlichen Standpunkt wäre das zu bedauern, wüßte man nicht, daß Konrad Zuse im Grunde seines Herzens Techniker geblieben ist. Die Frage, ob in technischer Hinsicht „noch einiges" von ihm zu erwarten sei, beantwortete er jedenfalls mit einem Lächeln: es war eine ganz und gar überflüssige Frage. *Kbg.*

Elektronisches Auskunftssystem über die Verfügbarkeit von Passagierplätzen im Luftverkehr

An electronic information system on the availability of passenger seats in civil aviation

von R. PILOTY und H. ZSCHEKEL

Standard Elektrik Lorenz AG.,
Informatikwerk Stuttgart

Flugverkehrsgesellschaften stehen vor der Aufgabe, Auskünfte über die Verfügbarkeit von Passagierplätzen für eine große Anzahl von Verkehrswegen schnell und zuverlässig erteilen zu müssen. Ein elektronisches System, das die gleichzeitige Anzeige mehrerer Flugverbindungen für eine gewünschte Strecke erlaubt, wird beschrieben. Die Einrichtung ist gekennzeichnet durch die Möglichkeit, eine große Anzahl speziell entwickelter Eingabe- und Ausgabegeräte an eine zentrale volltransistorisierte Verarbeitungsanlage mit zwei Magnettrommelspeichern anzuschließen.

Air-lines are faced by the task to give quick and reliable information on the availability of passenger seats for a great number of lines. An electronic system which allows the simultaneous display of various air connections for a route demanded is described. The system is characterized by the possibility of connecting a large number of specially developed input and output units to a central, fully transistorized processing system with two magnetic drum memories.

1 Aufgabe

In den vergangenen 13 Jahren ist das Flugzeug zu einem alltäglichen Beförderungsmittel für breite Kreise der Bevölkerung in aller Welt geworden, ebenbürtig in seiner Bedeutung den klassischen Verkehrsmitteln der Schiene, des Wassers und der Straße. Eine große Anzahl von nationalen und internationalen Luftverkehrsgesellschaften unterhalten ein die ganze Erde umspannendes Netz von Fluglinien, mit dem sie alle wichtigen Städte bedienen. Naturgemäß sind diese Gesellschaften bestrebt, durch einen guten Kundendienst im Wettbewerb um den Fluggast zu bestehen. Dazu gehört insbesondere, daß dem Publikum die Möglichkeit geboten wird, an allen wichtigen Orten der Erde, besonders an denen, die von der betreffenden Gesellschaft angeflogen werden, bequem, schnell und zuverlässig zu buchen. Dies geschieht über ein weitverzweigtes Netz von eigenen Stadt- und Flughafenbüros sowie über die meisten Reisebüros. Über eigene oder postalische Fernschreibkanäle sind diese mit der Buchungszentrale verbunden, die die Aufzeichnungen über die noch verfügbaren Plätze führt. Der Fluggast bringt seine Buchungswünsche entweder persönlich oder über Telefon bei einem der oben genannten Büros vor. Man ist dabei bestrebt, diesen Buchungsdienst so auszubilden, daß die Gespräche mit dem Kunden, insbesondere alle Auskünfte über Verfügbarkeit von Plätzen, schnell, reibungslos und richtig abgewickelt werden können.

Bisher wurden zu diesem Zweck an den Buchungszentralen vielfach große Schautafeln (visual boards) aufgestellt, die von einer großen Anzahl von darum herumgruppierten Buchungsagenten gleichzeitig einzusehen waren. Auf diesen Schautafeln wird durch steckbare Ziffern und Buchstaben vermerkt, wenn eine Flugverbindung ausverkauft ist. Alle Buchungswünsche, die den Büros zugehen, werden telefonisch oder telegrafisch an die Agenten der Zentrale weitergegeben. Die entsprechenden Auskünfte und Buchungsbestätigungen werden auf dem selben Weg wieder an die unmittelbar mit dem Kunden in Kontakt stehenden Agenten zurückgemeldet. Darüber hinaus ist es den Kunden im unmittelbaren Bereich der Buchungszentrale (meist am Sitz der Gesellschaft) vielfach möglich, die Agenten der Zentrale direkt telefonisch zu erreichen.

Dieser Prozeß der Auskunftserteilung wird durch das nachfolgend beschriebene, reaktionsschnelle und mit großer Speicherfähigkeit ausgestattete elektronische System automatisiert.
Zwei Gründe haben zu seiner Entwicklung geführt:

1. Die Schautafeln sind mit dem Anwachsen des Luftverkehrs und des Liniennetzes so groß geworden, daß sie nicht mehr übersehbar sind.

2. Die Einschaltung eines Agenten an der Zentrale während des Kundengesprächs im Außenbüro ist umständlich und langsam.

In dem vorliegenden System werden die Schautafeln durch eine Anzahl schnell rotierender Magnettrommelspeicher ersetzt, die alle Informationen über Verfügbarkeit oder Nichtverfügbarkeit von Plätzen für die in den nächsten Wochen stattfindenden Flüge enthalten. Zu diesem Speicher haben die wichtigsten, u. U. sogar alle Stadt- und Flughafenbüros im eigenen Land und außerhalb direkten Zugriff (d. h. ohne Zwischenschaltung eines Menschen) über Telegrafie- und Telefoniekanäle.
Hat man Buchungsbüros, die weit von der Zentrale entfernt liegen, mit einer größeren Anzahl von Abfrageplätzen für das Auskunftssystem auszurüsten, so ist die Einrichtung von Konzentratoren, ähnlich wie sie in der Vermittlungstechnik üblich sind, vorgesehen, um die Übertragungskanäle vom Buchungsbüro zur Zentrale möglichst gut ausnützen zu können. Mit ihrer Hilfe können sich die zum Buchungsbüro gehörigen Abfrageplätze abwechselnd auf eine oder, wenn diese zur Bewältigung des Verkehrs nicht ausreicht, zwei Fernschreibstandverbindungen zur Zentrale schalten (Bild 1).

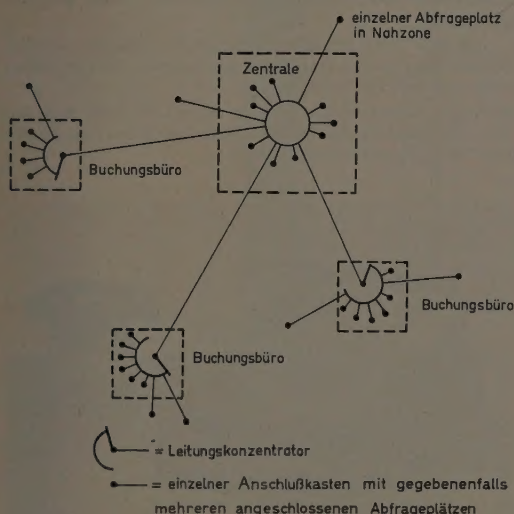


Bild 1. Struktur der Verbindungswege zur Zentrale.

Voraussetzung für das richtige Funktionieren der automatischen Auskunftserteilung ist natürlich, daß die im System gespeicherten Auskünfte ständig dem Buchungsverlauf, wie er sich auf Grund der an den Abfrageplätzen angenommenen Buchungen ergibt, angepaßt werden. Zu diesem Zweck ist das Auskunftssystem organisatorisch in einen Informationskreislauf eingefügt, der außer ihm selbst den einzelnen Buchungsagenten und die zentrale Passagierlistenführung umfaßt (Bild 2). Nimmt ein Agent auf Grund der vom System erteilten Auskunft einen Buchungswunsch an, dann fertigt er eine Buchungsmeldung mit allen den Reisenden betreffenden Angaben aus, die entweder per Telex oder, falls der Agent seinen Sitz am Ort der Zentrale hat, per Rohrpost an die zentrale Passagierlistenführung weitergegeben wird. Diese Abteilung hat im Zusammenhang mit dem Auskunftssystem die Aufgabe, an Hand der eintreffenden Buchungsmeldungen laufend den Platzbestand in sämtlichen Flügen zu überwachen und, sobald die verfügbaren Plätze bei irgendeinem Flug zur Neige gehen, die Einstellung des Auskunftssystems auf „rot" zu veranlassen.

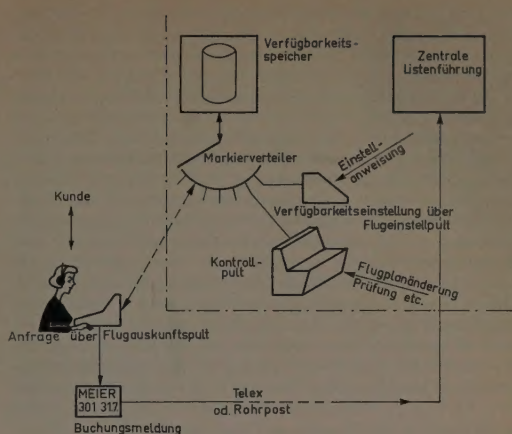


Bild 2. Zusammenwirken von Auskunftssystem, Buchungsagent und Passagierlistenführung.

Zu einem späteren Zeitpunkt ist vorgesehen, das nachstehend beschriebene Auskunftssystem so auszubauen, daß es diese Überwachung des Platzbestandes, die heute noch der Listenführungsstelle zufällt, vollautomatisch mitübernimmt.

2 Anforderungen an das System und Maßnahmen zu ihrer Erfüllung

Die Funktion eines Systems für die oben skizzierte Aufgabe erscheint zunächst einfach. Es hat auf Anfrage die für die einzelnen Flüge der nächsten Zeit gerade eingestellten Ja-Nein-Informationen an den jeweiligen Auskunftsplatz zurückzumelden. Überlegt man sich jedoch die Forderungen, die an ein solches System zu stellen sind, dann erkennt man, daß man recht weitgehend auf die Eigenheiten des Flugbetriebes eingehen muß, um von den vielen denkbaren technischen Lösungen eine passende auswählen zu können. Diese Forderungen kreisen im wesentlichen um zwei Probleme:

1. Wie differenziert, in welcher Form und für wie lange müssen die Verfügbarkeitsauskünfte für den Flugverkehr gespeichert werden, damit die Buchungstätigkeit mit ausreichender Flexibilität gesteuert werden kann? *(Das Speicherproblem).*

2. Wie muß der Anfrageplatz und die Ansteuerung des Speichersystems gestaltet werden, damit die Kundenanfragen sicher und schnell beantwortet werden können? *(Das Ein- und Ausgabeproblem).*

Bei der Behandlung des *Speicherproblems* wurde beim Entwurf dieses Systems davon ausgegangen, daß das elementare Ereignis, über das das System eine Auskunft zu erteilen hat, die einzelne *Flugverbindung* ist, d. h. die Möglichkeit, an einem bestimmten Tag an einem Ort A ein bestimmtes Flugzeug (Routennummer) zu besteigen und damit in einer bestimmten Sitzklasse nach dem Ort B zu gelangen. Die Auskunft, die das System in bezug auf ein solches Elementarereignis erteilt, erstreckt sich darauf, ob Buchungen noch zugelassen sind oder nicht. Unter diesen Flugverbin-

dungen gibt es solche, bei denen zwischen den Orten A und B keine Zustiegs- oder Ausstiegsmöglichkeit besteht. Diese bezeichnet man mit Teilstrecken. Im allgemeinen setzt sich demnach eine Flugverbindung aus einer Anzahl von Teilstrecken zusammen, die nacheinander durchflogen werden. Man hat sich jedoch klarzumachen, daß die Auskunft des Systems keineswegs nur von der Tatsache beeinflußt wird, ob der Platzbestand auf allen von einer gewünschten Verbindung berührten Teilstrecken noch für weitere Buchungen ausreicht, sondern auch davon, daß in vielen Fällen Fluggesellschaften ein finanzielles Interesse haben, Langstreckenverbindungen bevorzugt vor den in ihnen enthaltenen Kurzstreckenverbindungen zu verkaufen. Man muß dann in irgendeiner Form die Möglichkeit haben, die Auskunft so einzustellen, daß längere, mehrere Teilstrecken umfassende Flugverbindungen als frei gemeldet werden, während gewisse Teilstrecken und kürzere Teilstreckengruppen, die Bestandteil der längeren Verbindung sind, als gesperrt gemeldet werden. Hat man z. B. einen Flug von Mexico City über New York nach Paris, dann wird man zu Beginn der Buchungsperiode Buchungen auf der Strecke Mexico City—New York sperren zugunsten von Reisenden, die von Mexico City direkt nach Paris fliegen, und die Lokalstrecke Mexico City—New York erst freigeben, wenn sich ein bis zwei Wochen vor Abflug zeigt, daß sich das Flugzeug auf dieser Teilstrecke nicht mit Langstreckenpassagieren füllen läßt. Eine weitere Gegebenheit in diesem Zusammenhang ist die Existenz von sogenannten *Anschlußverbindungen*, d. h. solchen Verbindungen, die zwar als Buchungseinheit betrachtet werden, bei Benützung jedoch u. U. mehrfachen Wechsel des Flugzeuges erfordern, im Gegensatz zu *Direktverbindungen*, bei denen kein Wechsel des Flugzeuges nötig ist. Sehr oft hat der erste oder letzte Flug, der zu einer Anschlußverbindung gehört, ausgesprochenen Zubringer- bzw. Wegbringercharakter. Es ist dann wünschenswert, diese Flüge für lokalen Verkehr zugunsten von Passagieren, die die Anschlußmöglichkeit ausnutzen, sperren zu können. Auch hierfür muß in einem System Vorsorge getroffen werden.

Dieser Situation wurde im vorliegenden System dadurch Rechnung getragen, daß nicht nur für jede einzelne Teilstrecke, sondern für *jede im Flugplan enthaltene Flugverbindung* — sei es Anschluß- oder Direktverbindung — Speichermöglichkeit für ein von allen anderen unabhängiges Verfügbarkeitskriterium geschaffen wurde. Für dieses Verfügbarkeitskriterium gibt es *vier* mögliche Werte:

a) grün
b) rot
c) rot grün
d) nicht vorhanden.

Die Bedeutung von a) und b) bedarf keiner Erläuterung. Die Möglichkeit c) wurde geschaffen, um den Agenten am Buchungsplatz z. B. veranlassen zu können, zunächst per Telex in der Zentrale rückzufragen. Dort kann von Fall zu Fall an Hand der genaueren Unterlagen entschieden werden, ob der vorliegende Buchungswunsch noch erfüllbar ist oder nicht. Selbstverständlich kann der Benutzer der Anlage diesem Signal jedwede andere ihm sinnvoll erscheinende Bedeutung unterlegen, etwa anstelle der obigen, die Bedeutung „nur noch ein bis zwei Plätze vorhanden" usw. Da zur Speicherung dieser drei Möglichkeiten 2 bit benötigt werden, ergab sich damit zwangsläufig eine vierte Möglichkeit d), die dazu ausgenutzt wurde, um für Verbindungen, die zwar im Speicher noch enthalten sind, aber nicht mehr verkehren, die Meldung einer Auskunft zu unterdrücken.

Jedes der gespeicherten Verfügbarkeitskriterien ist nach dem obigen durch folgende Indexkomponenten eindeutig gekennzeichnet:

1) Flugnummer (bzw. Flugnummern bei Anschlußverbindungen)
2) Datum
3) Klasse
4) Startort und Zielort.

Wie später ersichtlich wird, sind aus Gründen der Speicherorganisation für die Kennzeichnung der Komponenten 1) und 4) im Speicher nicht die in den Flugplänen üblichen Kennziffern bzw. Kennbuchstaben verwendet worden, sondern *die Lage* des Druckbildes für einen Flug in einem standardisierten, rasterartig aufgebauten Flugplan nach Seiten-, Spalten- und Zeilennummer. In der ersten Ausführung dieser Anlagen waren für täglich 200 Flüge Verfügbarkeitskriterien im Speicher unterzubringen. Dies ergab die Forderung nach Speicherraum für etwa 200000 gekennzeichnete Kriterien von je 2 bit, wenn man ständig die Verfügbarkeit der Flüge für die kommenden 70 Tage (10 Wochen) in der Anlage führen will.

Um den Anteil der Systemwartezeit an der gesamten vom Kunden her gesehenen Abwicklungswartezeit für eine Anfrage möglichst klein zu machen, wurden als Speicher, wie schon erwähnt, Magnettrommeln vorgesehen, die hier ein Fassungsvermögen von je 320000 bit und eine mittlere Zugriffszeit von 10 ms haben. Für den oben erwähnten Bedarf an Speicherraum erwiesen sich zwei solche Trommeln als ausreichend. Die Zugriffszeit ist klein genug, um bis zu fünf Anfragen pro Sekunde bewältigen zu können, was für praktisch alle vorkommenden Fälle ohne weiteres ausreicht.

Was das *Ein- und Ausgabeproblem* betrifft, so wurde bei der Ausgestaltung des Auskunftplatzes und bei der Festlegung des Ansteuerverfahrens für die auf den Trommeln gespeicherten Verfügbarkeitskriterien Wert darauf gelegt,

a) daß möglichst mit *einem* Anfragevorgang die Verfügbarkeiten aller Verbindungen ermittelt und angezeigt werden, die geeignet sind, den Kundenwunsch zu erfüllen;

b) daß in normal gelagerten Fällen möglichst wenig Nachschlage- und sonstige Sucharbeit in Hilfsunterlagen bei der Abwicklung eines Kundengespräches am Auskunftsplatz nötig sind;

c) daß das Auskunftsgerät möglichst einhändig bedient werden kann, so daß eine Hand des Agenten bei der Bedienung zum Schreiben frei bleibt.

Alle diese Gesichtspunkte zielen darauf ab, dem Agenten ohne Anstrengung eine flüssige Abwicklung des Gespräches mit dem Reisenden zu ermöglichen.



Bild 3. Tastenpult für den Agenten.

Zu diesem Zweck wurde ein besonderes Flugauskunftspult geschaffen (Bild 3), das als handliches Tischgerät am Arbeitsplatz des Agenten aufgestellt wird. Es ist mit einer Volltastatur, bestehend aus mehreren Gruppen von selbsthaltenden Tasten ausgestattet, die sich innerhalb der einzelnen Gruppen nach einem bestimmten Schema selbsttätig verriegeln und über die

Flugtag
Flugmonat
Klasse
Abflugsstation bzw. Ankunftsstation

eingegeben werden, wenn eine Anfrage gemacht werden soll. Eine Auslösetaste veranlaßt die Aufschaltung auf die Zentrale. Das System gibt dann die Auskunft, wenn vorher alle nötigen Daten eingegeben wurden. Mit Hilfe eines Lampenfeldes wird diese dem Agenten angezeigt.
Entscheidend ist jedoch, auf welche Weise die Forderungen a) und b) erfüllt werden. Ausgangspunkt für die Ausgestaltung des vorliegenden Systems war die bewährte Methode, an jedem Platz einen Satz speziell vorbereiteter, standardisierter Flugplankarten als einzige Flugplanunterlage für den Agenten einzusetzen, auf denen alle Angaben, die zur Abwicklung des Kundengespräches notwendig sind, zu finden sind (z. B. auch Flugzeugart, Verkehrshäufigkeit, Omnibusgebühren usw.), und deren jede durch Einschieben in das Auskunftspult über eine geeignete Zahnung direkt zur Anwahl der Verfügbarkeitskriterien benutzt wird, die zu den auf der Karte vermerkten Flügen gehören.
In dem vorliegenden System wird in das Abfragepult eine Metallplatte in eine Kartenaufnahme von links eingeschoben, die auf beiden Seiten mit je einer in neun Zeilen und zehn Spalten eingeteilten Flugplanseite beklebt ist. Jedes der 90 Rasterfelder kann eine Flugstation aufnehmen. Die rechte Kante der Metallplatte ist so gezahnt, daß die obenliegende Plattenseite eindeutig durch eine Nummer gekennzeichnet ist. Die Zähne betätigen Kleinkontakte, die dann elektrisch ausgewertet werden (Bild 4). 100 Platten sind insgesamt an jedem Arbeitsplatz einsetzbar.
Das Einschieben der Metallplatte hat nicht nur den Zweck, dem System ein Auswahlkriterium zu liefern, sondern auch die betreffende, gerade obenliegende Flugplankarte in eine definierte räumliche Beziehung zu den Stationstasten und den Verfügbarkeitslampen zu bringen. Jeder Zeile einer eingesteckten Karte ist eine Stationstaste, jeder Spalte ein Lampenpaar zugeordnet. Die Stationstasten sind so verriegelt, daß höchstens zwei gleichzeitig getastet sein können. Das Lampenpaar setzt sich aus einer roten und einer grünen Lampe zusammen. Den sich damit ergebenden vier Kombinationsmöglichkeiten von Auskünften pro Spalte sind, wie schon erwähnt, die vier möglichen Verfügbarkeitskriterien zugeordnet.

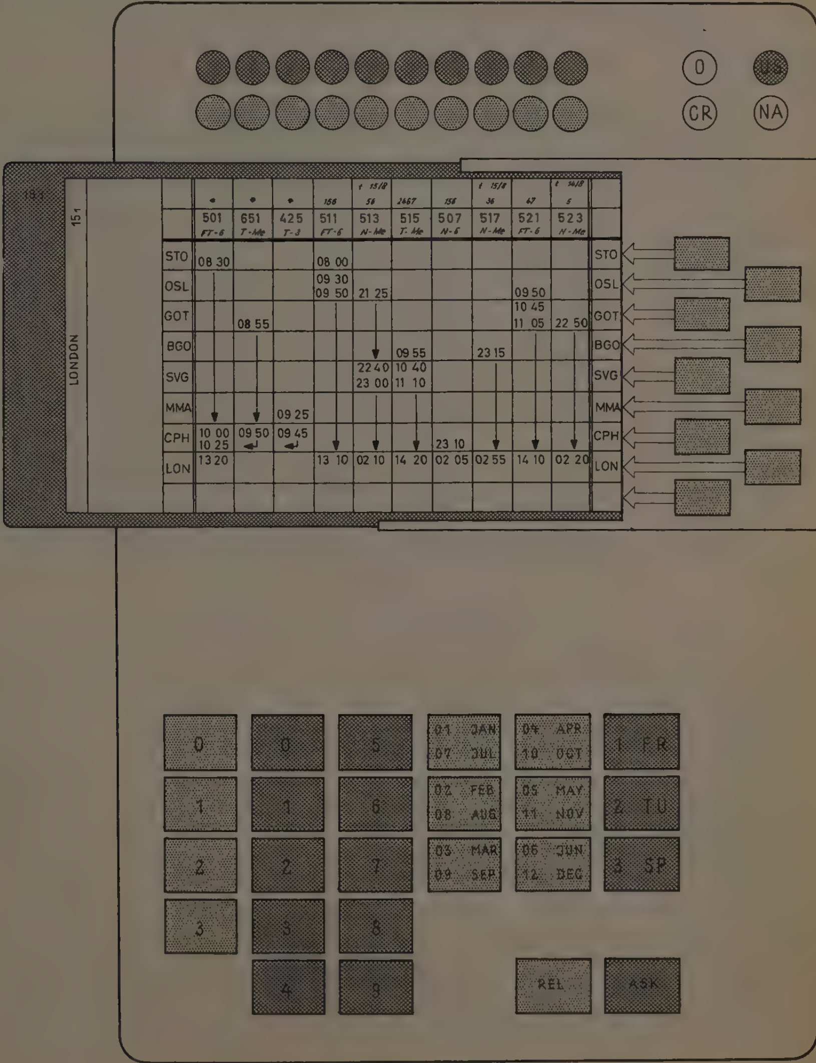


Bild 4. Tastenfeld
des Flugauskunftspultes.

81₂ (1) Effective 1 FEB.

a) Via DUS

SR/AZ = ①③⑤⑦ SR 303; ROM ②④⑥ AZ 420; ROM

Rome/Milan ➤ Scandinavia (see also 80₂, 82₂)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	CLASS CODE FR – 1 TU – 2 NT – 3 EY – 5 DL – 8 BR – 9
	D	D	D	D	D	D	D	D	D		
	SR/AZ Me-T	GVA SR 202 4-T	ZRH SRDUS SR 250 Me-T	ZRH SR 210 6B-FT		ROM AZ 418 Visc.-T	ZRH SRDUS SR 250 Me-T	ZRH SR 210 6B-FT			
ROM	1 10 30					1 10 50					ROM
MIL						2 12 15 12 55					MIL
GVA	2 13 00	1 13 55									GVA
ZRH		2 14 55	1 15 50	1 16 55		3 13 55	1 15 50	1 16 55			ZRH
arr. CPH			a)	2 19 40			a)	2 19 40			arr. CPH
				CPH 502 6B-FT	CPH 458 Me-T			CPH 502 6B-FT	CPH 458 Me-T		
dep. CPH				2 20 15	1 20 20			2 20 15	1 20 20		dep. CPH
OSL					3 22 40				3 22 40		OSL
STO			3 20 55	3 21 55			3 20 55	3 21 55			STO

81₂ Issue date 27 JAN.

Bild 5.

Flugplankarte mit Anschlußflügen.

89₂ (2) Effective 1 JUN.

a) CPH-STO operated on ⑤ only

b) CPH-STO operated on ⑥ only

NYC/YUL/YQX ➤ SFJ/GLA ➤ Sweden/Finland (All Y. Cl. valid unt. 1/8)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	CLASS CODE: F = 1 T = 2 Y = 3 N = 5 L = 7
	①③④⑤	②	②⑤	⑥	⑦	②⑦	①	⑥			
	NYC 900 6B-Y	NYC 900 6B-Y	NYC 902 6B-Y	NYC 902 6B-Y	NYC 902 6B-Y	NYC 904 7-Y	NYC 908 6B-Y	NYC 910 6B-Y			
NYC	11 00	16 00	18 00	18 00	18 00	15 20	18 00	11 00			NYC
YUL											YUL
YQX	16 55 17 35	21 55 22 35	③⑥ 23 55 00 35	⑦ 23 55 00 35	① 23 55 00 35		② 23 55 00 35	16 55 17 35			YQX
SFJ	②④⑤⑥	③						⑦			SFJ
GLA	04 55 05 45	09 55 10 40	11 55 12 40	11 55 12 40	11 55 12 40		11 55 12 40	04 55 05 45			GLA
CPH	08 40 09 20	13 35 14 20	16 40 17 25	15 35 16 20	17 05 17 50	08 40 ③⑦					CPH
OSL	a)		b)				16 15 16 55	09 30 10 00			OSL
STO	10 55 ②④⑤⑥	15 55 16 45	19 00 ③⑥	17 55 ⑦	19 25 ①		18 15 ②	11 20 ⑦			STO
HEL		19 05 ③									HEL

89₂ Issue date 15 MAY

Bild 6.

Flugplankarte ohne Anschlußflüge.

Ordnet man nun beim Druck der Flugplankarten die zu einem bestimmten Flug gehörigen Stationen längs einer Spalte an, dann ist jede in einer Spalte verzeichnete Flugverbindung durch Drücken zweier Stationstasten ansprechbar. Führt man die zugehörige Auskunft jeweils den Lampen der betreffenden Spalte zu, dann ist ihre Zuordnung zu der in dieser Spalte getasteten Verbindung leicht erkennbar.
Normalerweise wird jeder Zeile der Flugplankarte genau eine bestimmte Station, jeder Spalte genau ein Flug zugeordnet werden. Dies ist jedoch keineswegs Bedingung, besonders was die Zuordnung Station zu Kartenzeile betrifft. Da jede verzeichnete Verbindung in der Trommel durch ihre Lage auf der Karte nach Plattennummer, Seitennummer, Spaltennummer, Tastennummer der Abflugstation und der Ankunftsstation gekennzeichnet wird, hat man ein besonders hohes Maß an Freiheit für die Auslegung der Karten. Dies gestattet dem Benutzer, sie ganz den häufig auftretenden Kundenwünschen anzupassen und trotzdem die 200 zur Verfügung stehenden Kartenseiten in ihrem Fassungsvermögen optimal auszunutzen (Bild 5 u. 6).
Insbesondere kann man

a) in einer Spalte mehrere Flüge untereinander setzen,

b) in einer Spalte lediglich einen passenden geographischen Ausschnitt aus einer Flugroute markieren,

c) Anschlußverbindungen markieren und in einem Arbeitsgang abfragen,

d) ein und denselben Flug auf verschiedenen Karten ganz oder ausschnittweise wiederholen.

Im Falle von Anschlußverbindungen, bei denen die verschiedenen Flüge, die sie umfassen, in verschiedenen Spalten liegen, leuchtet die Lampe derjenigen Spalte auf, in der die getastete Abflugstation liegt.
Zur Verwirklichung der Möglichkeit d) wurde im Speicher eine Hilfstabelle, der sogenannte *Verbindungszuordner*, geschaffen, der es gestattet, mehrfach auf den Karten erscheinenden Flügen die gleichen Verfügbarkeitsinformationen auf der Trommel zuzuordnen.
Ein wesentliches Kennzeichen des geschilderten Auskunftssystems ist, daß die vom System auf eine Anfrage erteilten Auskünfte sich auf alle auf der eingesteckten Karte verzeichneten Verbindungen erstrecken, die den getasteten

Daten (Stationstastennummern, Flugdatum, Klasse) entsprechen. Im günstigsten Fall kann das System, den zehn Spalten mit zugehörigen Lampenpaaren entsprechend, zehn Auskünfte auf einmal geben. Für deren Einholung ist daher die Markierung eines bestimmten Fluges durch Spaltentasten unnötig. Durch geschickte Auslegung der Karten nach geographischen Gesichtspunkten, indem man z. B. auf einer Kartenseite alle Flüge zusammenfaßt, die ein bestimmtes Zielgebiet anfliegen, kann man in vielen Fällen erreichen, daß in einem einzigen Anfragevorgang alle zur Beratung eines Kunden notwendigen Auskünfte über Flugmöglichkeiten und Verfügbarkeit von Plätzen bereitstehen. Das trägt wesentlich zur Beschleunigung der Abwicklung und damit zur Verbesserung des Kundendienstes bei.

Zur Einstellung der Verfügbarkeitsinformationen dient ein sogenanntes *Flugeinstellpult*, das sich von einem Abfragepult nur dadurch unterscheidet, daß unterhalb der Kartenaufnahme pro Spalte eine Taste vorgesehen ist. Diese gestatten die Auswahl desjenigen Fluges, an dessen Verfügbarkeitskriterien etwas geändert werden soll. Weiterhin sind noch zusätzlich vier Tasten zur Festlegung von einem der vier möglichen Verfügbarkeitskriterien sowie eine Auslösetaste zur Veranlassung der vorbereiteten Änderung eingebaut (Bild 7).

3 Technische Durchführung

3.1 Flugauskunfts- und Flugeinstellpulte, Anschlußkästen, Informationsübertragung

Die Flugauskunfts- und -einstellpulte bestehen aus
den Informationstasten zur Eingabe von Tag, Monat, Klasse (bzw. zusätzlich Spalte und Verfügbarkeitskriterien);
den Funktionstasten zum Auslösen des Anfrage- bzw. Einschreib-Prozesses und zum Löschen der Lampen;
dem Lampenfeld zur Anzeige der Verfügbarkeitskriterien;
der Kartenaufnahme mit den Mikroschaltern zur Eingabe von Kartennummer und Kartenseite.

Alle Informationstasten sind selbsthaltende Magnettasten. Ihre Haltekreise sind so geschaltet, daß bei Drücken einer

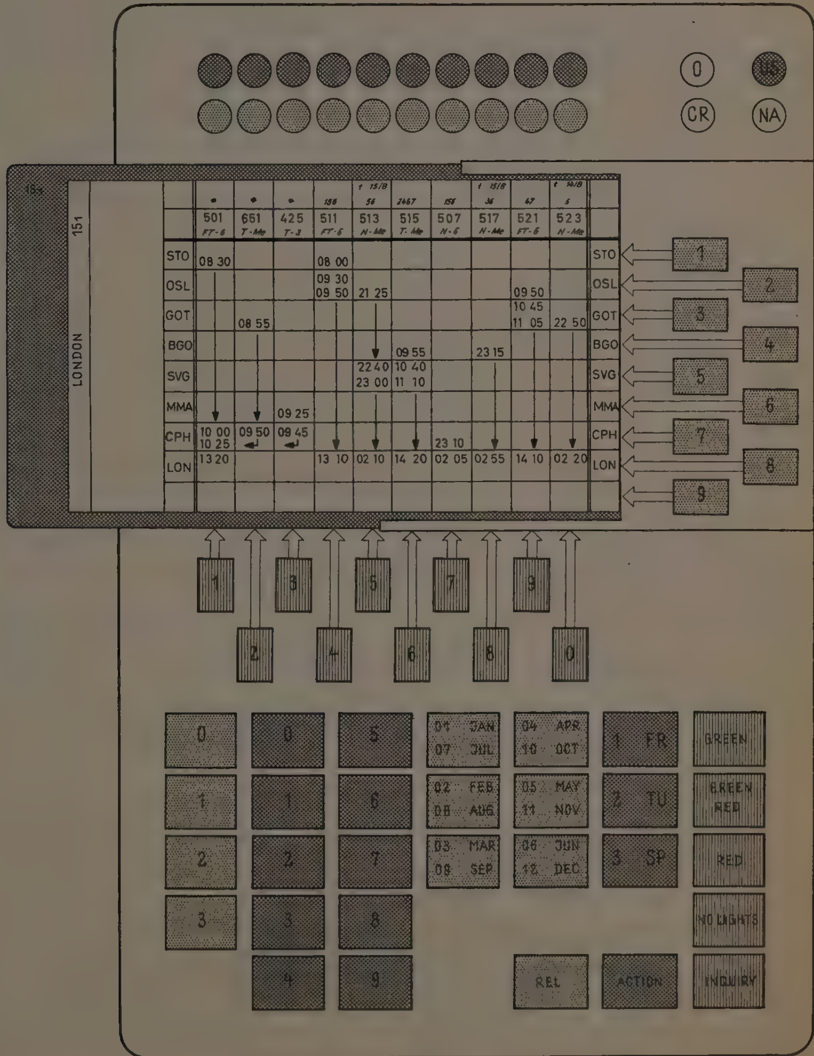
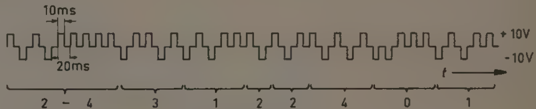


Bild 7. Tastenfeld ohne Anschlußkästen.

Taste, die zu einer Tastengruppe gehört, innerhalb derer eine andere bereits gedrückt war, der Haltekreis der vorher gedrückten Taste unterbrochen wird. Wenn von den neun Stationstasten zusätzlich zu zwei bereits gedrückten eine dritte betätigt wird, so bewirkt ein Verriegelungsschaltkreis, daß beide vorher gedrückten Tasten wieder herauskommen. Der Bediener muß in diesem Fall entscheiden, welche der beiden gelöschten oder gegebenenfalls welche andere Taste erneut zu betätigen ist, um eine vollständige Flugverbindung, bestehend aus einer Start- und einer Zielstation, zu wählen. Die Kontaktsätze der Magnettasten übernehmen bei den in (1 aus n)-Codes eingetasteten Zeichen[1]) (Monat, Tagzehner, Tageiner, Klasse) auch die Codewandlung in den weniger redundanten, jedoch prüfbaren (2 aus 5)-Code, während die Start- und Zielstationen im (2 aus 9)-Code zur Verarbeitungsanlage übertragen werden. Da bei Vertauschen von Vorder- und Rückseite einer Platte, die ja zur gleichen Plattennummer gehören, die Randcodierungen der Zehner- und der Einerstelle ihre Lage spiegelbildlich vertauschen, muß gesteuert von dem die Vorder- bzw. die Rückseite kennzeichnenden Zahn eine Umschaltung der Codeelemente (Schaltkontakte) vorgenommen werden.

Da aus betrieblichen Gründen sich häufig in benachbarten Räumen Flugauskunftspulte befinden, die nur alternativ oder nur selten benutzt werden, werden mehrere Pulte jeweils an einen gemeinsamen Anschlußkasten geführt, der seinerseits nur eine Verbindung zur zentralen Verarbeitungsanlage hat. Die Anschlußkästen übernehmen die technischen Funktionen der Anpassung an die Übertragungsstrecke zur zentralen Verarbeitungsanlage und haben andererseits Falschbedienungen der mehrfach an sie angeschlossenen Eingabeplätze zu verhindern.

Für die Übertragung der Anfrageinformation zur Verarbeitungsanlage und zur Rückübertragung der Verfügbarkeitsinformationen wurden zwei verschiedene Wege beschritten. Diejenigen Anschlußkästen, die sich im gleichen Gebäude befinden, in dem auch die zentrale Verarbeitungsanlage untergebracht ist (Nahbereich), sind mit ihr durch ein Mehrdraht-Ringleitungssystem verbunden (Bild 8). Für die Hin- und Rückübertragung sind je zehn Leitungen verlegt. Auf ihnen wird das Anfrage- bzw. Einschreibewort in Gruppen zu je zwei im (2 aus 5)-Code dargestellten Dezimalziffern zur Verarbeitungsanlage übermittelt und das aus 20 Binärziffern bestehende Antwort-Wort zum Anschlußkasten zurückübertragen. Diese teilparallele Lösung wurde gewählt, um einerseits die bei vollparalleler Verbindung hohe Anzahl von Leitungen und Leitungsschaltern zu reduzieren und um andererseits den Aufwand für die erforderlichen Taktgeber und Steuerkreise klein zu halten. Anders ist die Situation bei den weiter — bis zu 10 km — von der Zentrale entfernten Anschlußkästen (Fernbereich). Hier erfolgt die Übertragung durch galvanische Durchschaltung von fest gemieteten Telefonleitungen mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 50 bis 100 Baud. Die zu sendende, in den elektrischen Kontakten des betätigten Eingabegeräts gespeicherte Information wird in diesem Falle Bit für Bit abgetastet, über ein Telegrafenrelais auf die Leitung gegeben und auf der Seite der Zentrale in ein elektronisches Register übernommen. (Es besteht die Möglichkeit, an diese Register und damit an das System über Fernschreibverbindungen auch sehr weit entfernte Eingabeplätze anzuschließen.) Das Impulsdiagramm für einen auf diesem Wege übermittelten Anfragetext ist in Bild 9 zu sehen.



Stationen: 2 → 4 (2aus9), Kartennr.: 312 [d.h. Rückseite der Karte 31; 2x(2aus5) + 1x(1aus 2)], Klasse: 2(1aus3), Monat: 4(2aus5), Tag: 01[2x(2aus5)]

Bild 9. Impulsdiagramm für die Zweidrahtübertragung einer Anfrage.

Im Anschluß an die Verarbeitung des Anfragewortes geht die Antwortinformation über die gleiche Leitung zurück und wird im Anschlußkasten in einem Empfangsregister aufgenommen. Über die Kontakte von diesen Relais werden die Anzeigelampen eingeschaltet, die so lange hell bleiben, bis der Bediener dem Auskunft wünschenden Kunden alle Informationen gegeben und danach die Löschtaste bedient oder aber eine andere Eintastung vorgenommen hat (jede Änderung der Informationseintastung oder das Ziehen der Flugplankarte bewirkt ebenfalls die Löschung der Anzeigelampen).

Der *Anschlußkasten für den Nahbereich* (Bild 10) (Mehrdrahtübertragung) gestattet den Anschluß von zwei Auskunftspulten. Die entsprechenden Tastenkontakte der beiden Pulte werden — durch Entkopplungsdioden gegeneinander verriegelt — im Anschlußkasten zusammengeführt und in vier Gruppen zu je zwei Ziffern zusammengefaßt. Eine Taktkette liefert für die Informationsübertragung zur Verarbeitungsanlage vier Impulse, legt der Reihe nach die vier Leitungsgruppen auf das Sendepotential und verbindet damit der Reihe nach jede Gruppe mit den zehn Ringleitungen „Eingabe-Information". Entsprechend werden zwei Gruppen von je zehn Verfügbarkeitselementen nach ihrer Gewinnung aus dem Speicher in zwei Takten mit dem Empfangspotential beaufschlagt,

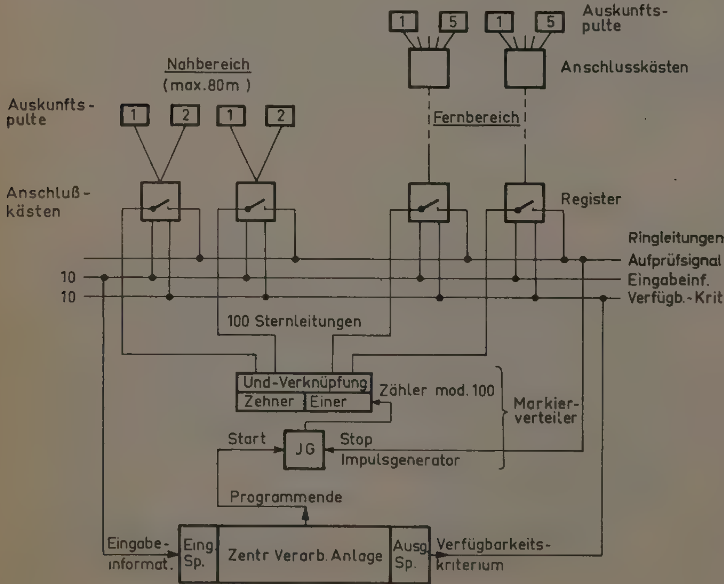


Bild 8. Übersichtsschaltbild Informationsübertragung und Markierverteiler.

[1]) (1 aus n)-codierte Zeichen bestehen aus einem L-Element und (n-1) 0-Elementen (in der Tastatur dadurch abgebildet, daß von n-Tasten eine gedrückt ist)
für Monat: n = 6 (Halbjahreszeitraum) für Tageiner: n = 10 (0, 1 ··· 9)
für Tagzehner: n = 4 (0 ,1 ,2 ,3 für Klasse: n = 3 (1, 2, 3)

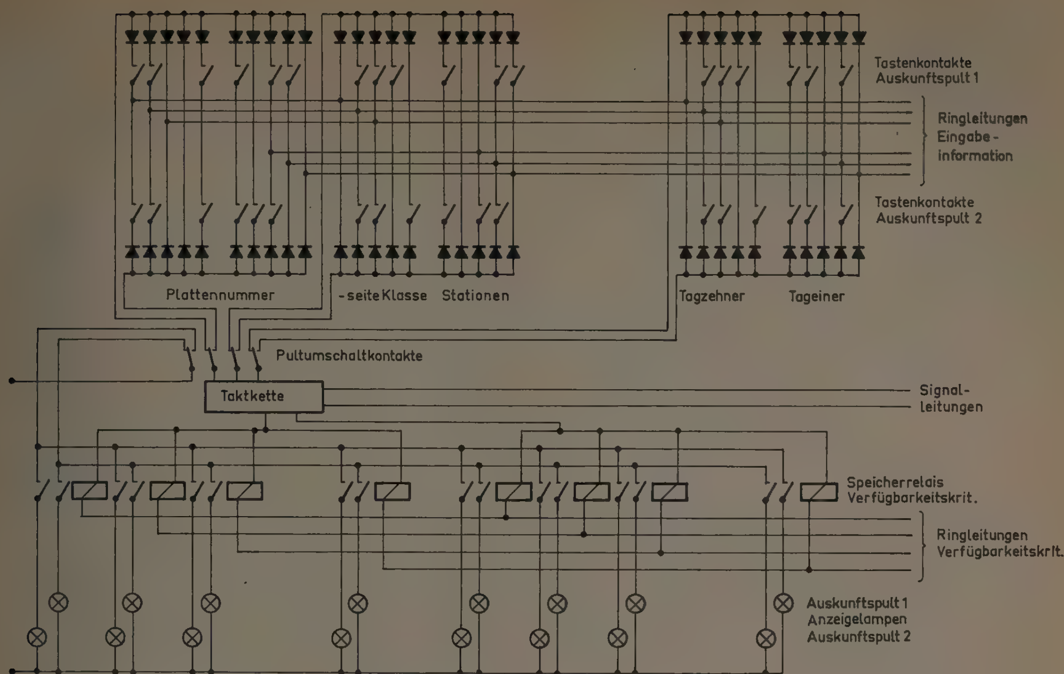


Bild 10. Anschlußkasten für Nahbereich.

auf den zehn Ringleitungen „Verfügbarkeitskriterium" zum Anschlußkasten übertragen und dort in zwei Gruppen von je zehn sich selbsthaltenden Relais abgespeichert. Über je einen Arbeitskontakt dieser Relais werden die entsprechenden Anzeigelampen des einen oder des anderen Auskunftspultes an Spannung gelegt. Die Taktkette wird über Signalleitungen von der zentralen Verarbeitungsanlage her gesteuert, sobald der Markierverteiler auf die dem Anschlußkasten entsprechende Stellung aufgelaufen und festgehalten ist. Die Auswahl der Tastenkontakte und der Anzeigelampen des richtigen der beiden angeschlossenen Auskunftspulte erfolgt durch die Pultumschaltkontakte eines (in der Abbildung nicht dargestellten) Auswahlrelais.

Entsprechend den unterschiedlichen Betriebsbedingungen, ist der *Anschlußkasten für den Fernbereich* anders aufgebaut. Er gestattet den Anschluß von maximal fünf Auskunftspulten. Seine Taktkette liefert 39 Taktimpulse für die bitweise Hin- und 22 (20 bit Information + 2 bit für Kontrolle) Taktimpulse für die Rückübertragung.

Um zu verhindern, daß an mehr als einem von den möglichen zwei bzw. fünf Auskunftspulten wirksam eingetastet wird, werden durch das Drücken der zeitlich ersten Auslösetaste die der anderen Pulte so lange blockiert, bis das erste Gerät seine Verfügbarkeitsinformation erhalten hat und damit die nächste Auslösetaste gedrückt werden kann. Die Informationstasten dagegen können auch in der Zwischenzeit betätigt werden.

3.2 *Markierverteiler* (Bild 8)

Die Anlage ist für einen Betrieb mit maximal 100 Anschlüssen dimensioniert, wobei unter Anschlüssen sowohl die im Mehrdraht-Ringleitungssystem liegenden Anschlußkästen als auch die elektronischen Register verstanden werden, die ihre Informationen über sternförmig zur Zentrale gehende Telefonie- oder Telegrafieleitungen erhalten bzw. zurücksenden. Von den 100 möglichen Anschlüssen darf jeweils nur einer mit der zentralen Verarbeitungsanlage verbunden sein.

Die Durchschaltung aller eine Auskunft oder sonstige Informationsverarbeitung anfordernder Anschlüsse zur Verarbeitungsanlage in sequentieller, d. h. weitgehend gerechter Folge übernimmt der Markierverteiler. Ein aus zwei dekadischen Stufen bestehender elektronischer Zähler modulo 100 hat 100 Ausgänge, deren je einer in jeder Zählerstellung markiert und je einem Anschluß zugeordnet ist. Der Zähler wird von einem zentralen Impulsgenerator fortgeschaltet, der seinerseits durch ein sogenanntes Aufprüfsignal angehalten und durch ein Programmendesignal erneut gestartet wird. Sternleitungen verbinden die 100 Zählerausgänge mit den 100 Teilnehmergeräten und übertragen das Markierpotential zum Teilnehmer, sooft und solange der Zähler durch die betreffende Stellung läuft. Wurde vor diesem Zeitpunkt ein der Anruftaste entsprechender Kontakt geschlossen, so gelangt das Markierpotential über diesen Kontakt und eine alle Teilnehmer verbindende Ringleitung als „Aufprüfsignal" zum Markierverteiler zurück und hält Impulsgenerator und Zähler in dieser Stellung an. Während dieser Aufprüfzeit ist der betreffende Teilnehmer sende- und empfangsseitig zur zentralen Verarbeitungsanlage durchgeschaltet.

Die Verarbeitung läuft in ihren Phasen

1. Adressenübertragung, -pufferung und Codeprüfung,
2. Durchsuchen des Verbindungszuordners,
3. Durchsuchen des Auskunfts-Speichers und Pufferung der Verfügbarkeitsinformation und
4. Rückübertragung und Abspeicherung der Verfügbarkeitsinformation

in etwa 80 ms nach einem fest geschalteten Programm ab und gibt zum Schluß dieser Folge mit dem Programmendeimpuls das Signal zum Start des Impulsgenerators und damit zur Fortschaltung des Zählers bis zum nächsten Aufprüfen.

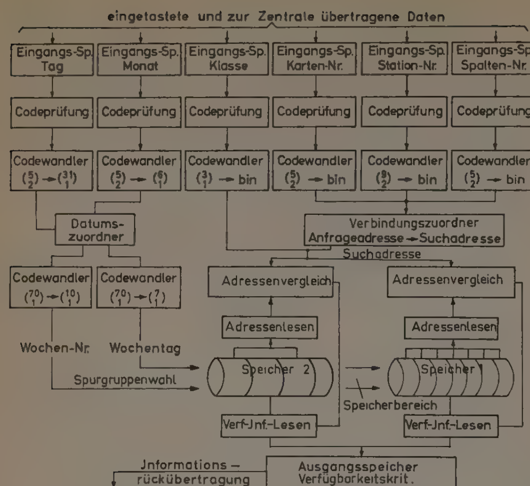


Bild 11. Zentrale Verarbeitungsanlage — Übersichtsschaltplan.

3.3 Zentrale Verarbeitungsanlage (Bild 11)

Die zentrale Verarbeitungsanlage besteht aus
den Eingangsspeichern für die von den Flugauskunfts- oder Flugeinstellpulten übertragenen Eingabedaten,
dem Verbindnungszuordner und dem Auskunftsspeicher auf zwei Magnettrommelspeichern,
dem Datumszuordner,
den Codeprüf- und Codewandlungs-Schaltkreisen, und
der Programmsteuerung.

Der *Verbindungszuordner* hat bei jeder Anfrage zu prüfen, ob die Anfrageadresse auf eine anders lautende Adresse gleicher Bedeutung zurückgeführt werden muß, unter der die Verfügbarkeitskriterien im Auskunftsspeicher registriert sind oder ob das nicht erforderlich ist. Im erstgenannten Fall wird im Verbindungszuordner die zur Anfrageadresse gehörende Suchadresse ermittelt, während im letzteren Fall Anfrage- und Suchadresse identisch sind. Entsprechend dieser Funktion kann der Zuordnungsvorgang als echter Speicherlesevorgang aufgefaßt werden, bei dem das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer Adresse — der Anfrageadresse — im Speicher festzustellen ist. Im Falle der erfolgreichen Suche sind die der Anfrageadresse zugeordneten Werte — vor allem die Suchadresse —, im Falle der erfolglosen Suche ein Signal „keine Zuordnung" abzugeben.

Für den Verbindungszuordner wird ein Kanal von 36 Spuren eines Magnettrommelspeichers zur Verfügung gestellt,

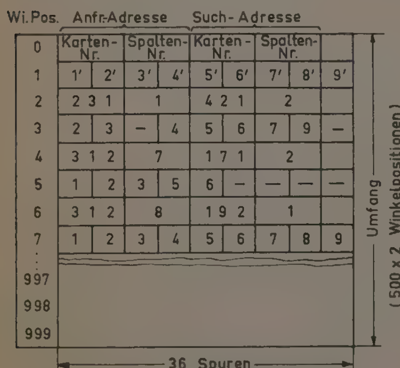


Bild 12. Einteilung des Verbindungszuordners.

dessen restliche 280 Spuren ebenso wie die 320 Spuren eines zweiten Trommelspeichers als Auskunftsspeicher dienen. Der Verbindungs-Zuordner (Bild 12) ist so eingeteilt, daß jede Flugzuordnung zwei aufeinanderfolgende Winkelpositionen umfaßt. In der jeweils ersten, geradzahligen Winkelposition (0, 2, 4···998) sind diejenigen Anfrageadressen, bestehend aus Kartennummer und Spaltennummer, registriert, die in andere, die Suchadressen, wiederum bestehend aus Kartennummer und Spaltennummer, überführt werden sollen. *Alle* Anfrageadressen auf der Trommel werden während einer vollen Trommelumdrehung gelesen, in einem Vergleicher mit der eingetasteten Anfrageadresse verglichen, und bei Identität wird die in der gleichen Winkelposition stehende zugeordnete Suchadresse gelesen und in einem Pufferspeicher abgespeichert. Da bei Registrierung der gleichen Verbindung auf verschiedenen regionalen Flugkarten gleiche Stationsnamen nicht in gleichen Kartenzeilen zu stehen brauchen, müssen auch die Kartenzeilennummern, hier als Stationsnummern bezeichnet, umgeordnet werden. Das geschieht, indem die ungeradzahligen Winkelpositionen (1, 3, 5···999) in neun Speicherzellen 1', 2', 3'···9', die den neun Stationsnummern der Anfrageadresse entsprechen, eingeteilt sind. In den neun Speicherzellen sind die Stationsnummern gespeichert, die den neun Stationsnummern der Abfrageadresse bei der Suchadresse entsprechen.

Ein Beispiel soll die Funktion des Verbindungszuordners erläutern. Die in Spalte 7 der Karte 312[2]) stehende Verbindung ist nicht unter dieser Adresse im Auskunftsspeicher registriert, sondern unter der Adresse der identischen Verbindung, die in Spalte 2 der Karte 171 steht. Deshalb wird bei Wahl der Kartennummer 312 für deren Spalte 7 in allen geradzahligen Winkelpositionen des Verbindungszuordners die Adresse 312/7 gesucht und in Winkelposition 4 gefunden. Daraufhin wird die unter der gleichen Winkelposition stehende Suchadresse 171/2 ausgelesen und abgespeichert. Da bei der Anfrage des Beispiels die Stationsnummern 2 und 4 für Start- und Zielort getastet sind, wird in der auf die Winkelposition 4 folgenden Winkelposition 5 der Inhalt der Speicherzellen 2' und 4', nämlich die Werte „2" und „5" ausgelesen und zwischengespeichert. Daraus geht hervor, daß die Startstation sowohl auf der Karte 312 wie auf der Karte 171 in der zweiten Zeile, die Zielstation jedoch auf der Karte 171 in der fünften und auf der Karte 312 in der vierten Zeile steht. Damit hat die Durchsuchung des Verbindungszuordners ergeben, daß die unter der Adresse 312/7/2→4 gewählte Verbindung unter der Adresse 171/2/2→5 im Auskunftsspeicher zu suchen ist.

Für den *Auskunftsspeicher* steht bei Benutzung von 320 + 280 Spuren und von 1000 bit pro Spur eine Speicherkapazität von 600000 bit zur Verfügung. Bei der Wahl der Speichereinteilung und der Suchverfahren mußten die folgenden Gesichtspunkte berücksichtigt werden.

1. Die Adresse, zu der ein Verfügbarkeitskriterium zu speichern bzw. auszulesen ist, setzt sich aus den Adressenkomponenten Kartennummer (200),[3]) Spaltennummer (10), Klasse (3), Streckenkombination (36), Wochennummer (10) und Wochentag (7) zusammen, hat also einen großen Informationsinhalt gegenüber dem zur Adresse gehörenden Verfügbarkeitskriterium von nur 2 bit.

2. Von den $200 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 36 \cdot 10 \cdot 7 \approx 15 \cdot 10^6$ möglichen Kombinationen der Adressenkomponenten kommen nur relativ wenige (maximal etwa $1{,}8 \cdot 10^5 = 1{,}2\ \%$) tatsächlich vor, da die Flugkarten hinsichtlich Spalten- und Zeilenanzahl nur zum Teil ausgenützt sind, die Flüge nicht alle drei Klassen führen und nicht alle täglich verkehren. jedoch sind alle Kombinationen „erlaubt", d. h. sie können auf lange Sicht unter Wegfall anderer vorkommen.

[2]) Die dreistellige Flugplan-Kartennummer setzt sich aus der zweistelligen Plattennummer (00···99) und der einstelligen Seitennummer (1 Vorder-, 2 Ruckseite) zusammen.

[3]) Die in Klammern stehenden Zahlen geben die Anzahl der Varianten des betreffenden Indexteiles an.

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Verkehrszahlen wurden zwei Speicher unterschiedlicher Organisation gewählt:

1. Für die wenige Male pro Woche bestehenden Verbindungen ein Speicher 1, der in sieben, den sieben Wochentagen entsprechende Bereiche unterteilt ist. Jeder der sieben Bereiche ist wiederum aus einer Adressen- und zehn Informationsspurgruppen zusammengesetzt. Durch den ,,Wochentag" wird zunächst der richtige Bereich und durch die ,,Wochennummer" die richtige Informationsspurgruppe ausgewählt. Im Adressenteil des Bereichs wird die gewünschte, aus 20 bit bestehende, parallel eingeschriebene Adresse durch Vergleich aufgesucht. Bei Feststellung der Identität mit der gesuchten Adresse wird das unter der gleichen Winkelposition stehende Verfügbarkeitskriterium in einen Pufferspeicher abgesetzt (Bild 13).

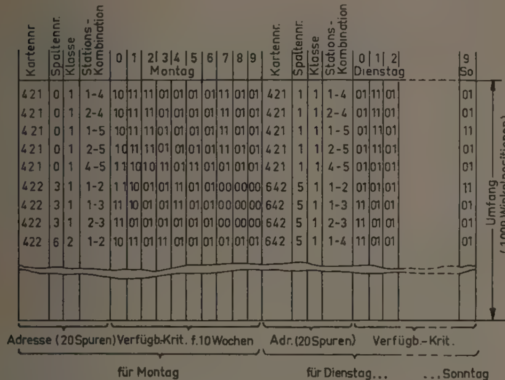


Bild 13. Einteilung des Auskunftsspeichers 1.

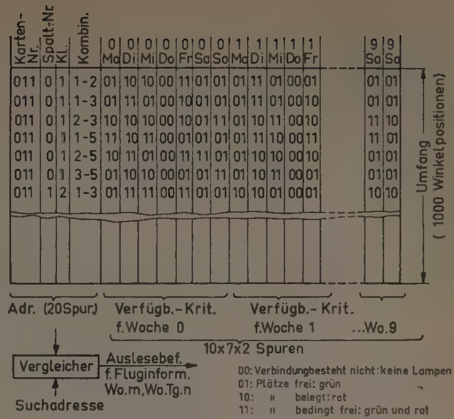


Bild 14. Einteilung des Auskunftsspeichers 2.

2. Für die täglich oder fast täglich bestehenden Verbindungen ein Speicher 2, der in zwei identische Bereiche eingeteilt ist, deren jeder 20 Adressenspuren und $70 \times 2 = 140$ Informationsspuren hat. Während die richtige Winkelposition durch Vergleich aller Adressen mit der gesuchten Adresse auf Identität gefunden wird, wird die richtige Informationsspurgruppe durch die Kombination aus Wochennummer und Wochentag ausgewählt (Bild 14).

Da jede der zehn möglicherweise angebotenen Suchadressen im Speicher 1 oder in einem der beiden Bereiche des Spei-

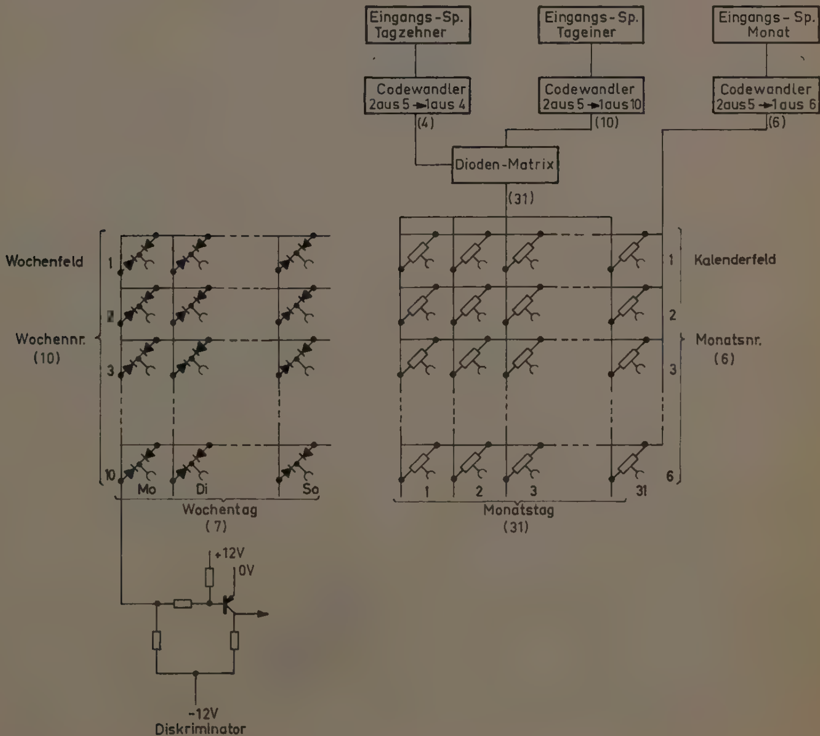


Bild 15. Datumszuordner.

chers 2 stehen kann, sind $10 \times 3 = 30$ Vergleicher vorhanden. Deren speicherseitige Eingänge sind in drei Gruppen zu je zehn und deren eingabeseitige Eingänge in zehn Gruppen zu je drei zusammengefaßt. Die das Identitätssignal abgebenden Vergleicherausgänge bewirken das Auslesen des unter der momentan anliegenden Winkelposition des betreffenden Bereiches gespeicherten Verfügbarkeitskriteriums in den der Kartenspalte entsprechenden Pufferspeicher. Somit werden alle Verfügbarkeitskriterien innerhalb einer Umdrehungszeit beider Trommeln ausgelesen.

Der *Datumszuordner* (Bild 15) hat die Aufgabe, das zur Zentrale übertragene und in einem Datumsregister gespeicherte Datum über eine Zuordnungs-Stecktafel in eine Tagesnummer (1 aus 70) und weiter in eine Wochennummer (1 aus 10) *und* eine Wochentagsnummer (1 aus 7) umzuwandeln.

Die in den Eingangsspeichern abgesetzten Daten ,,Tagzehner", ,,Tageiner" und ,,Monat" werden zunächst in den (1 aus 4)-, (1 aus 10)- bzw. (1 aus 6)-Code gewandelt. Die ersteren 4 bzw. 10 Ausgänge bilden die 4 Zeilen bzw. 10 Spalten einer nachgeschalteten Diodenmatrix. Von deren $4 \times 10 = 40$ Schnittpunkten bleiben die den Kombinationen 00 und 32···39 entsprechenden ungenutzt, während die den Kombinationen 01···31 entsprechenden Leitungen die Spalten und die 6 aus dem Codewandler (2 aus 5) → (1 aus 6) kommenden Leitungen die Zeilen einer Widerstandsmatrix bilden. Diese Widerstandsmatrix ist das Abbild eines Halbjahres-Kalenders mit 6 Monaten zu je maximal 31 Tagen. Die 6×31 Spannungsteilerpunkte sind an 186 Steckbuchsen eines ,,Kalenderfeldes" geführt. Neben diesem Kalenderfeld befindet sich ein weiteres aus 7×10 Buchsen bestehendes ,,Wochenfeld", welches die Frontseite einer weiteren Diodenmatrix bildet. Durch Steckerschnüre werden die Buchsen des Kalenderfeldes kalendergerecht mit den Buchsen des Wochenfeldes verbunden, so daß etwa der 1. April 1959 mit einer Mittwoch-Buchse, der 2. mit einer Donnerstag-Buchse der gleichen Woche usw. verbunden wird. Durch Markierung der Monatsnummer 4 (April) und der Tagesnummer 01 wird dann die ersterwähnte Mittwoch-Buchse voll markiert, während alle Buchsen des Wochenfeldes, die mit Kalenderfeld-Buchsen der Zeile 4 oder der Spalte 01 verbunden sind, halb markiert und alle restlichen Buchsen nicht markiert werden. Die Diodenmatrix sorgt in Zusammenarbeit mit den nachgeschalteten $7 + 10$ Diskriminatoren dafür, daß bei Vollmarkierung einer Buchse des Wochenfeldes eine von 10 Wochennummern und einer von 7 Wochentagen selektiert wird. Der Bediener hat lediglich dafür zu sorgen, daß am Ende jedes Tages der kalenderfeldseitige Stecker einer Steckerschnur aus der Buchse des abgelaufenen Tages gezogen und in die Buchse des nächsten freien Kalendertags, nämlich des 70 nächsten, gesteckt wird.

Die *Codewandlungs-Netzwerke* — in bekannter Technik als Halbleiter-Schaltkreise aufgebaut — übernehmen die Umsetzung der im (2 aus 5)-Code übertragenen und auf Coderichtigkeit geprüften Eingabedaten in binäre Codierung, da im Speicherteil mit Rücksicht auf die erforderliche Speicherkapazität auf Redundanz verzichtet worden ist. Dabei wurden von den $2^7 = 128$ möglichen Kombinationen für die Umcodierung der Plattennummern 00···99 die Kombinationen 0000000···0LL000L und L000000···LLL000L gewählt, um den Aufwand möglichst klein zu halten. (Die Plattennummer wird in zwei Komponenten $\overline{50}$ oder 50 und 0···49 zerlegt, die Komponente $\overline{50}$/50 liefert das Code-Element der Wertigkeit 2^6, die Komponente 0···49 wird durch ein Netzwerk in sechsstellige Binärzahlen umcodiert.) Die Zuverlässigkeit der Halbleiter-Schaltkreise gestattet diesen Verzicht auf Prüfbarkeit innerhalb der Verarbeitungsanlage.

Die *Programmsteuerung* erfolgt entsprechend dem Charakter einer Spezialzweckanlage durch Auswahl jeweils eines aus einer Anzahl festverdrahteter Programme. Das jeweils richtige Programm wird durch den Typ des markierten Eingabegeräts und durch die Betriebsart ausgewählt. Folgende Programme sind vorgesehen:

Programm 1	Abfrage der Verfügbarkeitsinformation von den Flugauskunftspulten aus.
Programm 2	Manuelles Einschreiben der Verfügbarkeitsinformation von den Flugeinstellpulten aus.
Programm 3	Automatisches Einschreiben der Verfügbarkeitsinformation von einem zur zentralen Verarbeitungsanlage gehörenden Steuerpult aus. Bei Ablauf dieses Programms, das täglich bei Hinzunahme des neuen, am Ende des Buchungszeitraumes hinzukommenden Tages ausgelöst wird, werden die Verfügbarkeitskriterien des neuen Tages automatisch umgeschrieben, und zwar gesteuert von den Kriterien des gleichen Wochentages der vorangehenden Woche. Die Umschreibung erfolgt derart, daß bei den Informationen ,,grün", ,,rot" und ,,rotgrün" der vorangehenden Woche die Information ,,grün", bei der Information ,,Nicht vorhanden" wiederum die Information ,,Nicht vorhanden" eingeschrieben wird.
Programm 4	Einschreiben der Adresse und der Information ,,grün" bei Hinzunahme neuer Verbindungen vom Steuerpult aus.
Programm 5	Einschreiben der Adresse und der Information ,,Nicht vorhanden" bei Hinzunahme neuer Verbindungen vom Steuerpult aus.
Programm 6	Einschreiben der Anfrageadressen im Verbindungszuordner vom Steuerpult aus.
Programm 7	Einschreiben der Suchadressen im Verbindungszuordner vom Steuerpult aus.
Programm 8	Einschreiben der Stationsumordnung im Verbindungszuordner vom Steuerpult aus.
Programm 9	Prüflesen der Adressen des Auskunftsspeichers vom Steuerpult aus.
Programm 10	Prüflesen der Anfrageadressen des Verbindungszuordners vom Steuerpult aus.
Programm 11	Prüflesen der Suchadressen im Verbindungszuordner vom Steuerpult aus.
Programm 12	Prüflesen der Stationsumordnung im Verbindungszuordner vom Steuerpult aus.

Für jedes Programm wird durch den Typ des Eingabegeräts oder durch Drücken einer Programmtaste im Steuerpult eine von zwölf Programmleitungen markiert, die die zugehörigen Vorgänge ablaufen läßt.
So bewirkt die Markierung der Programmleitung ,,Abfragen Verfügbarkeitskriterium", daß im Magnettrommelspeicher 1 zunächst die Nahtstelle (Winkelposition 0 der Trommel) abgewartet und dann für die Dauer einer vollen Trommelumdrehung im Verbindungszuordnerbereich dieser Trommel nach den eingabeseitig angebotenen Adressen gesucht wird. Je nachdem, ob diese Anfrageadresse im Speicher gefunden wird oder nicht, wird als nächster Schritt nach der zugeordneten oder der ursprünglichen Adresse sowohl im gewählten Adressenkanal des Auskunftsspeichers 1 wie auch in beiden Adressenteilen des Auskunftsspeichers 2 so lange gesucht, bis jeder dieser Adressenkanäle voll abgefragt ist. Bei Koinzidenzen der gelesenen Adresse mit einer der maximal zehn gleichzeitig angebotenen Adressen wird die unter der gleichen Winkelposition stehende Fluginformation in ein Register ausgelesen, zum anfragenden Platz übertragen und dort angezeigt. Nach Ablauf des gesamten Programmes bewirkt ein Programmendeimpuls die Fortschaltung des Markierverteilers.

Nachrichtenverarbeitung

Data Processing

K. STEINBUCH, Technische Hochschule, Karlsruhe

Nach einem kurzen Blick auf die historische Entwicklung des jüngsten Zweiges der Nachrichtentechnik wird eine systematische Übersicht über den gegenwärtigen Stand der Nachrichtenverarbeitung und über die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten gegeben.

After a short review on the historical development of the latest branch of communication engineering, a systematic summary of the present state of data processing and the various possibilities of applications is given.

1. Geschichtliche Einordnung

Die Nachrichtenverarbeitung ist das jüngste Gebiet der Nachrichtentechnik (Bild 1). Mit den früheren Gebieten der Nachrichtentechnik hat sie theoretische Grundlagen und viele physikalisch-technische Hilfsmittel gemeinsam. Sie unterscheidet sich von den früheren Gebieten der Nachrichtentechnik in der Aufgabenstellung jedoch sehr wesentlich: Während bisher die Nachrichtentechnik den einzigen Zweck hatte, Nachrichten über räumliche Entfernungen zu transportieren, soll es die Technik der Nachrichtenverarbeitung ermöglichen, Nachrichten verschiedener Herkunft oder Bedeutung nach rationalen Regeln zu verknüpfen, beispielsweise Rechenoperationen durchzuführen. Hierbei ist die Überwindung der Entfernung unwesentlich.

Einige Daten zur Vorgeschichte:

1640...1710	Erste mechanische Rechenmaschinen (*Ciermans, Pascal, Leibniz, Polenius*)
1804	*Jacquard* steuert Webstühle mit Lochstreifen
1823	*Babbage* plant eine analytische Rechenanlage
1890	*Holleriths* Lochkarten werden bei der Volkszählung in den USA verwendet.

Beträchtliche Fortschritte begannen vor etwa 20 Jahren, als Ingenieure in den USA (*H. Aiken*) und Deutschland (*K. Zuse*) unabhängig voneinander die ersten programmgesteuerten Rechenautomaten bauten. Die Bedeutung dieser Entwicklung wurde in vielen Ländern rasch erkannt und begründete schnell große Industrien. In Deutschland erzwangen die politischen Verhältnisse eine zeitweilige Inaktivität. Wenn nun neuerdings Deutschland wieder eine angemessene Rolle spielt, so ist dies hauptsächlich zu danken den folgenden drei Instituten:

Darmstadt: Institut für Praktische Mathematik der Technischen Hochschule (Prof. *Walther*, Dr. *Dreyer*)

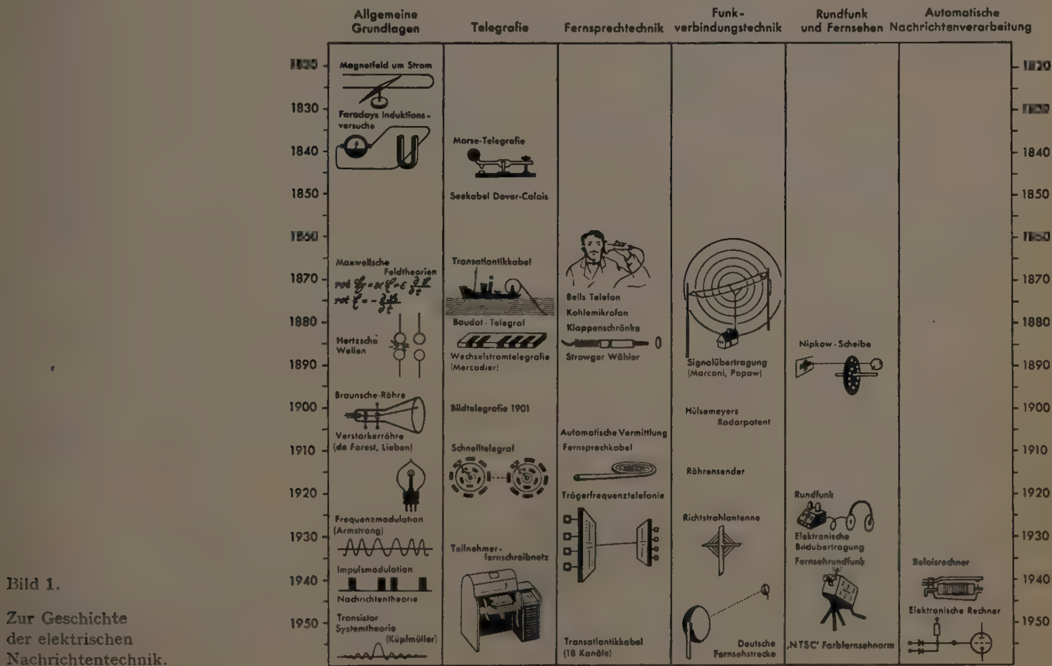


Bild 1.

Zur Geschichte der elektrischen Nachrichtentechnik.

Göttingen: Max-Planck-Institut für Physik (Prof. *Biermann*, Dr. *Billing*)

München: Institut für Elektrische Nachrichtentechnik und Meßtechnik (Prof. *Piloty*, Dr. *Piloty*)

Durch die Arbeit dieser Institute blieb die deutsche Technik „in Tuchfühlung" mit den Fortschritten des Auslandes. Die deutsche Industrie ist schon jetzt in der Lage, Rechenautomaten verschiedener Größe und Typs (auch Analogrechner) in moderner Technik (z. B. volltransistorisiert) anzubieten.

2. Die physikalisch-technische Situation

Die Nachrichtentechnik verwendet meist elektrische Verfahren. Warum?

a) Die elektrischen Signale sind sehr schnelle Boten (20000···300000 km/s).

b) Die elektrischen Signale lassen sich leicht verstärken (Transistoren, Röhren usw.).

c) Die elektrischen Schaltelemente haben kurze Funktionszeiten (Relais: Größenordnung Millisekunden. Transistor und Röhre: Größenordnung Mikrosekunden bis Nanosekunden).

d) Die elektrischen Signale lassen sich leicht isolieren (Metalle leiten den Strom etwa 10^{20} mal besser als Isolierstoffe).

e) Die elektrischen Signale lassen sich leicht in andere physikalische Erscheinungsformen umwandeln, z. B. durch Telefonhörer, Lautsprecher, Signallampen, Bildröhren usw.
Rückwärts lassen sich andere physikalische Erscheinungsformen leicht in elektrische Signale umwandeln, z. B. durch Morsetaste, Mikrophon, Photozelle, Kameraröhre, Geigerzähler usw.
Die elektrischen Signale sind geradezu Dolmetscher zwischen den verschiedenen physikalischen Erscheinungen.

Diesen fünf wichtigen Vorteilen der Elektrizität für die Zwecke der Nachrichtentechnik steht ein schwerwiegender Nachteil gegenüber: Man kann elektrische Signale nicht recht speichern, sondern muß sie meist in irgendwelche anderen Signalformen (z. B. magnetische Strukturen) umwandeln.
Die Technik der Nachrichtenverarbeitung begann damit, daß geeignete Speicher erfunden wurden, z. B. Ladungsspeicherröhren, Ultraschall-Laufzeitglieder oder Magnettrommelspeicher, oder aber, daß bekannte Anordnungen angepaßt wurden, z. B. relaisähnliche Anordnungen oder Lochkarten.
Man kann die Geschichte der Rechenautomaten gliedern nach der Art des zuerst verwandten Speichers.
Die logische Verknüpfung der Nachrichten erfolgt in den Schaltkreisen. Zu deren Aufbau wurden nacheinander Relais, Röhren und in letzter Zeit meistens Halbleiter verwendet. Es zeichnet sich jedoch kein stabiler Zustand ab: Neue Elemente, z. B. magnetische Schaltkreise („Transfluxor"), supraleitende Anordnungen („Cryotron") oder das Parametron werden vielleicht in den nächsten Jahren Bedeutung erlangen. In Bild 2 wird versucht, die vermutliche Bedeutung verschiedener Bauelemente für die Nachrichtenverarbeitung darzustellen.

3. Jetzige und zukünftige Aufgaben

Die wichtigsten Aufgaben, die schon jetzt durch nachrichtenverarbeitende Systeme gelöst werden, sind:

a) Lösung beliebiger mathematischer Probleme aus Wissenschaft, Technik und Organisation.

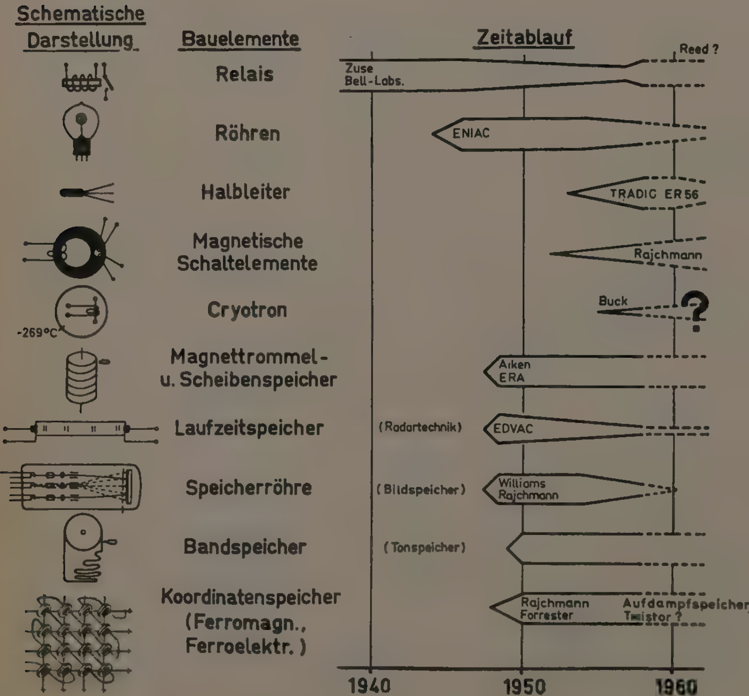


Bild 2.

Vermutliche Bedeutung verschiedener Bauelemente für nachrichtenverarbeitende Automaten.

Analog-Rechenautomaten lösen durch mathematisch äquivalente Experimente, Digital-Rechenautomaten durch Verknüpfung codierter Zahlenwerte.

b) Datenverarbeitende Systeme führen gleichartige Vorgänge großer Häufigkeit aus. Beispiele sind: Bestellungen im Versandhaus, Platzreservierung, Lagerhaltung (permanente Inventur!), Buchhaltung, Lohnbuchhaltung, Kontenführung, Rentenbescheide usw. Hierzu kann man auch statistische Auswertungen rechnen, z.B. bei der Volkszählung, der Erstellung von Fernsprechgebührenrechnungen oder der Erstellung von Sprachstatistiken (z. B. Bibelkonkordanz).

c) Programmsteuerung von Maschinen und Transferstraßen mit Hilfe von Lochstreifen, Lochkarten oder Magnetbändern.
Dies kann entweder durch eine direkte Einstellung geschehen, oder durch die Eingabe des Sollwertes in einen Regelungskreis. Evtl. können die Steuerbefehle direkt den Konstruktionszeichnungen entnommen werden.

d) Rasche Auswertung von Signalen im Interesse des Verkehrs oder der Landesverteidigung (z. B. von Radarsignalen oder Positionsmeldungen) und rasche Erteilung von Befehlen (z. B. Landebefehl oder Landeverbot für Flugzeuge, Einsatzbefehl für Raketen usw.).

In der Zukunft werden die Geräte zweifellos noch billiger, kleiner, zuverlässiger und leichter bedienbar hergestellt. Zu obigen typischen Funktionen dürften in den nächsten Jahren noch folgende kommen:

e) Das automatische Sortieren von Briefen u. dergl. Die Schwierigkeit liegt vorläufig in der Undefiniertheit des zu verarbeitenden Materials und darin, daß die Aufschrift nicht maschinell lesbar ist.

f) Das Ordnen sehr großer Informationsmengen so, daß einzelne Informationen nach „Stichworten" wieder gefunden werden, ohne daß die „Katalognummer" bekannt ist.

g) Die automatische Übersetzung von einer menschlichen Sprache in die andere. Diese Aufgabe ist deshalb so schwer zu lösen, weil alle natürlichen Sprachen wenig systematisch aufgebaut sind, z. B. Worte mehrfacher Bedeutung und unregelmäßige Konjugationen usw. enthalten. Für die Übersetzung von Sprachen ineinander sind solche Automaten besonders nützlich, welche geschriebene Schrift lesen oder gesprochene Sprache verstehen können.

h) Eine zukünftige Aufgabe grundsätzlicher Bedeutung ist der Bau von „lernenden Automaten", d. h. solcher Automaten, welche ihr Verhalten auf seinen Erfolg hin überprüfen und daraus Folgerungen für ihr zukünftiges Verhalten ziehen. Vielleicht ergeben sich dann solche Steigerungen der geistigen Leistungsfähigkeit der Menschen, wie sie die Kraftmaschinen für ihre körperliche Leistungsfähigkeit einst bewirkten.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Technik der Nachrichtenverarbeitung den Menschen von stumpfsinniger Routinearbeit befreit und seine Potenz als denkender Mensch vergrößert.

4. Abgrenzung der Nachrichtenverarbeitungstechnik

Einleitend wurde gesagt, daß die Technik der Nachrichtenverarbeitung es ermöglichen soll, Nachrichten verschiedener Herkunft oder Bedeutung nach rationalen Regeln zu verknüpfen. Zur Abgrenzung mögen noch einige Erläuterungen dienen:

Daß ein System mit digitalen Zeichen arbeitet, (die also nach Zeit und Amplitude quantisiert sind) ist keinesfalls ein Abgrenzungsmerkmal, denn einerseits gehören Analogsysteme zur Nachrichtenverarbeitung und andererseits verwendet die Übertragungstechnik auch digitale Zeichen (Wählscheibe, Telegrafie, Pulscodemodulation).
Das Abgrenzungsmerkmal „logische Verknüpfung" ist für sich etwas zu eng. Danach würde eine Anordnung ausscheiden, welche Lochkarten oder dgl. nach einem einzigen Kriterium sortiert. Das Vorhandensein von Speichern ist für sich kein brauchbares Ausscheidungsmerkmal, denn einerseits würde die Kino- und Schallplattentechnik fälschlicherweise einbezogen und andererseits würden Zuordner fälschlicherweise ausgeschlossen. Ferner kann auch die Verwendung elektrischer Methoden nicht als Ausscheidungsmerkmal dienen. Auf den Gebieten der Buchungsmaschinen, der Lochkarten und der Maschinensteuerung ist die Grenze zwischen elektrischen und mechanischen Verfahren fließend.

Nach diesen Vorbetrachtungen sei folgende Begriffsbestimmung vorgeschlagen:

> Die Nachrichtenverarbeitung umfaßt Erkenntnisse, Verfahren und Anordnungen, welche hauptsächlich der Verknüpfung von Nachrichten nach rationalen Gesetzen dienen. Die Verknüpfung kann mit elektrischen, mechanischen, optischen oder sonstigen Verfahren geschehen. Zur Nachrichtenverarbeitung gehören auch die Hilfsmittel zur Vorbereitung der Verknüpfung und zur Anzeige des Verknüpfungsergebnisses. Die Art der zu verknüpfenden Signale (elektrisch, mechanisch, optisch usw.) ist gleichgültig.

5. Analogien zu Organismen

Die Nachrichtenverarbeitung hat nicht nur — wie jede Technik — einen meßbaren Nutzen, sie stößt auch in Gebiete vor, die man normalerweise nicht der Technik zurechnet.
Schon im Zusammenhang mit der Nachrichtenübertragungstechnik sprach man vom „Nervensystem der Gesellschaft". Die Definition der Nachrichtenmenge ist von grundlegender Bedeutung — auch für Nichttechniker. Die Regelungstechnik (Schlagwort „Cybernetik") brachte viele interessante Analogieschlüsse zu Organismen.
Noch viel weiter dürfte in dieser Richtung die Nachrichtenverarbeitung vorstoßen. Ein Automat kann beschrieben werden durch seine Schnelligkeit, neue Informationen aufzunehmen, bleibend oder dauernd zu speichern, durch seine Schnelligkeit, mit der er diese Informationen wieder aufruft, durch seine Schnelligkeit, mit der er logische Verknüpfungen ausführt und schließlich durch seine (verdrahtete oder eingespeicherte) Programmierung. Es ist verlockend, geistige Qualitäten von Menschen in diesen Kategorien zu beschreiben. Bei zukünftigen „lernenden Automaten" muß die Lernfähigkeit synthetisch erzeugt werden.

6. Zur Namengebung

Der Nachrichtenverarbeitung wäre sehr gedient, wenn sie einen glücklicheren Namen hätte. Die Bezeichnung „Nachrichtenverarbeitung" ist schwerfällig — aber wohl noch die geeignetste. Die Bezeichnung „Informationsverarbeitung" ist ebenso schwerfällig und als halb deutsches halb ausländisches Wort sprachlich noch unschöner. „Computortechnik" scheidet aus, weil sachlich zu eng, außerdem sprachlich unschön. „Automation" ist sachlich mißbraucht und sprachlich unschön. „Cybernetik" deckt das Nachbargebiet der Regelungstechnik. Man sollte sich m. E. in den zuständigen Gremien deshalb nicht scheuen, ein prägnantes Kunstwort zur Norm zu erheben.

Schaltkreise mit Transistoren in nachrichtenverarbeitenden Anlagen

von K. GOSSLAU
und K. BRAUN

Zentral-Laboratorium
der Siemens & Halske AG
München

Transistorized switching circuits for data processors

Schaltkreise verwirklichen logische Verknüpfungen. Verschiedene Schaltkreistechniken werden miteinander verglichen; sie unterscheiden sich in den für die logischen Verknüpfungen verwendeten Bauelementen und in der Betriebsart der Transistoren. Diese können untereinander gleich- oder wechselstromgekoppelt sein; ihre Sättigung kann ausgenutzt werden oder wird vermieden.
Eine näher beschriebene Schaltkreistechnik mit Widerständen, Kondensatoren und Transistoren, die RCT-Technik, verbindet günstig die erzielbare Schaltgeschwindigkeit, den erforderlichen Aufwand und die Einfachheit der Schaltungen. In der logischen Struktur besteht große Ähnlichkeit mit Relaisschaltungen: RCT-Schaltkreise führen logische Verknüpfungen in Serien- und Parallelschaltungen von Transistoren aus. Die gleichstromgekoppelten und gesättigten Transistoren wirken zugleich als Verstärker. Impulssynchronisierte bistabile Kippschaltungen verzögern oder speichern die verarbeiteten Signale. Beispiele erläutern das Zusammenwirken und das Zusammensetzen der Bausteine.

All systems of circuit logic in digital computers have logical, amplifying and storage properties. The various circuits compared in the paper differ as to the modes of operation of the transistors (saturated or non-saturated, DC-coupled or AC-coupled) as well as in the components employed for realization of logical functions.
The RCT- (Resistor-Capacitor-Transistor-) Logic gives a favorable answer to the requirements in terms of switching speed, switching equipment cost and simplicity of circuit elements. RCT-circuits perform — in analogy with relay circuits — logical operations through series and parallel connections of saturated, DC-coupled transistors, the latter providing for additional amplification. Diode-gated flip-flop circuits serve as delay or storage elements. Examples given in the paper explain both the combination and interoperation of circuit elements.
RCT-Logic covers operating speeds between zero and an upper limit which is determined by the delay characteristics of the transistors employed. This broad variability of the operating speed simplifies the interoperation between switching circuits and memory devices as well as between switching circuits and input-output equipment (especially start-stop units).
RCT-Logic has a clear logic structure which can largely be represented through Boolean algebra. The time coordinate is divided into intervals by clock pulses so that for the logical circuit design the timing requirements can be easily taken into account.

1. Schaltkreise in nachrichtenverarbeitenden Anlagen

In jeder nachrichtenverarbeitenden Anlage verwirklichen Schaltkreise die erforderlichen logischen und zeitlichen Zuordnungen der Signale. Die logischen Zuordnungen, die logischen Verknüpfungen, werden technisch in „Gattern"[1]) ausgeführt. Neben ihren rein logischen Funktionen müssen Schaltkreise noch die verarbeiteten Signale verstärken und speichern können. Diese zusätzlichen Aufgaben beruhen auf technischen Gegebenheiten, auf den Verlusten und den Laufzeiten in den Schaltungen sowie auch auf der Berücksichtigung des wirtschaftlich vertretbaren Aufwandes.
Weitgehend haben sich heute Schaltkreistechniken auf der Grundlage des Transistors durchgesetzt. Der Transistor verbindet hohe Zuverlässigkeit und Lebensdauer, geringen Leistungs- und Raumbedarf mit günstigen elektrischen Eigenschaften wie kurzen Schaltzeiten und geringem Spannungsabfall im leitenden Zustand.
Die Mannigfaltigkeit der entwickelten Transistorschaltkreise — jedes Verfahren hat seine speziellen Vorzüge — läßt einen abwägenden Vergleich sinnvoll erscheinen, bevor ein besonderes Verfahren, die RCT-Schaltkreistechnik, eingehend beschrieben wird.

2. Eine Übersicht über Transistorschaltkreise

Man kann bei den bekannten Transistorschaltkreisen drei Gruppen unterscheiden:

A. Schaltkreise mit gesättigten, gleichstromgekoppelten Transistoren,
B. Schaltkreise mit gesättigten, wechselstrom- (übertrager-) gekoppelten Transistoren,
C. Schaltkreise mit nichtgesättigten, gleichstromgekoppelten Transistoren.

Die mit gleichen Transistoren erreichbare Arbeitsgeschwindigkeit der Schaltkreise steigt innerhalb dieser Einteilung von A nach C, zugleich steigt aber auch der Aufwand der Schaltungen. Bei allen Verfahren liegt der eine Arbeitspunkt des Transistors im Sperrgebiet des Kennlinienfeldes (vgl. Bild 1); der andere Arbeitspunkt: „Transistor leitend"

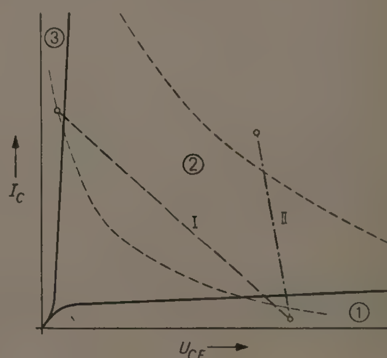


Bild 1. Kennlinienfeld eines Transistors in Emitterschaltung.
1 Sperrgebiet, 2 Verstärkungsgebiet, 3 Sättigungsgebiet;
I Arbeitskennlinie bei Schaltkreisen mit gesättigten Transistoren,
II Arbeitskennlinie bei Schaltkreisen mit ungesättigten Transistoren.

[1]) Gatter sind Schaltungen, die z. B. aus Relaiskontakten oder elektronischen Schaltern kombiniert werden.

liegt bei Schaltkreisen der Gruppen A und B im Sättigungsgebiet, bei denen der Gruppe C jedoch im Verstärkungsgebiet des Kennlinienfeldes. Der Arbeitspunkt im Verstärkungsgebiet vermeidet die Sättigung mit ihren Verzögerungseffekten. Aus diesem Grunde erreichen die Schaltkreise der Gruppe C die höchste Arbeitsgeschwindigkeit.

2.1 Schaltkreise mit gesättigten, gleichstromgekoppelten Transistoren

Innerhalb der ersten Gruppe — Schaltkreise mit gesättigten, gleichstromgekoppelten Transistoren — sind noch verschiedene Variationen möglich und gebräuchlich; sie unterscheiden sich durch die insgesamt verwendeten und speziell zur Ausführung logischer Verknüpfungen benutzten Arten von Bauelementen.

Das im Bild 2a gezeigte Schaltkreisprinzip — in den USA als „RT-*Logic*" bekannt — verwendet Widerstände zur Verwirklichung logischer Verknüpfungen. Der verstärkende Transistor wirkt außerdem als Negator. Die Kurzbezeichnung der Schaltkreistechnik soll hier wie auch später bei „DT" und „RCT" auf die charakteristischen Bauelemente verweisen. Dem Vorzug eines einfachen und zugleich billigen Grundbausteines stehen als Nachteile die unzureichende Entkoppelung der Eingänge untereinander und insbesondere die relativ geringe Schaltgeschwindigkeit gegenüber.

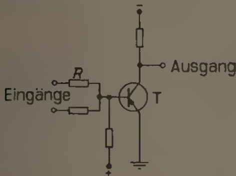


Bild 2a.

Grundbaustein der RT-Schaltkreistechnik. Grundbaustein zugleich Grundkombination.

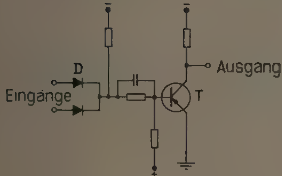


Bild 2b.

Grundbaustein der DT-Schaltkreistechnik. Grundbaustein zugleich Grundkombination.

Ein Ersatz der zur logischen Verknüpfung verwendeten Widerstände durch Dioden führt zu dem im Bild 2b gezeigten Grundbaustein. Das Prinzip wird in den USA als „DT-*Logic*" bezeichnet. Die Eingänge sind voneinander gut entkoppelt. Die leistungsfähigste Ausführung des Grundbausteines enthält einen Widerstand vor der Basis des Transistors. Der Widerstand legt den steuernden Basisstrom des leitenden Transistors — im Gegensatz zur Schaltung nach Bild 2a — eindeutig fest. Diese Unabhängigkeit des Basisstromes von der Anzahl der ansteuernden Eingänge schränkt die Übersättigung des Transistors ein. Dies steigert, zusammen mit dem hier zulässigen Kondensator, die Schaltgeschwindigkeit des verstärkenden Transistors über die bei der RT-Technik mögliche.

Man kann logische Verknüpfungen auch in Transistorkombinationen verwirklichen; die Transistoren liefern zugleich die erforderliche Verstärkung. Die im Bild 2c gezeigten Schaltkreise sind als „*Direct Coupled Transistor Logic*" (DCTL) bekannt und werden meist mit surface-barrier Transistoren ausgeführt. Die Schaltungen sind extrem einfach: neben den Transistoren werden — in geringerer Anzahl — nur noch Widerstände einer einzigen Größe verwendet. An die Kennwerte der Transistoren müssen bei DCTL jedoch äußerst hohe und spezielle Anforderungen gestellt werden, die z. B. Silizium- (Diffusions-) Transistoren nicht erfüllen. Die Schaltgeschwindigkeit ist durch die starke Übersättigung der Transistoren begrenzt.

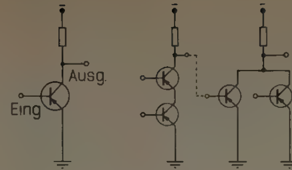


Bild 2c.

Schaltkreistechnik DCTL (Direct Coupled Transistor Logic).
links: der Grundbaustein
rechts: die beiden Grundkombinationen

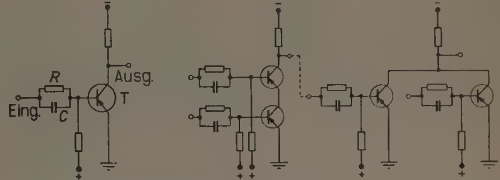


Bild 2d. RCT-Schaltkreistechnik. links: der Grundbaustein rechts: die beiden Grundkombinationen

In gleicher Weise wie die DCTL führt die RCT-Technik die logischen Verknüpfungen mittels — den Relaisschaltungen mit ihren Kontaktkombinationen analogen — Serien- und Parallelschaltungen von Transistoren aus. Sie verwendet nach Bild 2d ähnlich wie die DT-Logic ein RC-Koppelglied am Eingang des somit schnell schaltenden Transistors. Der Spannungsteiler an der Basis erlaubt gegenüber DCTL die gleichstrommäßigen Anforderungen an die Transistoren etwa auf die der RT- und DT-Technik herabzusetzen. Die erzielbare Schaltgeschwindigkeit der RCT-Technik ist infolge der günstigeren Ankopplung ohne Dioden etwas höher als die der DT-Technik.

2.2 Schaltkreise mit gesättigten, wechselstrom- (übertrager-) gekoppelten Transistoren

Zu der oben unter B aufgeführten Gruppe: Schaltkreise mit gesättigten, wechselstrom- (übertrager-) gekoppelten Transistoren gehört das unter der Bezeichnung „*Dynamische Technik*" bekannte Verfahren, das seinen Namen von der Art der Speicherung herleitet. Ein ähnliches Prinzip liegt älteren Röhrenschaltungen zugrunde. Widerstände und Dioden, vgl. Bild 3, realisieren logische Verknüpfungen; die Transistorverstärker haben eine in Grenzen definierte Laufzeit, für die z. B. die Sättigungsverzögerung der Transistoren mit herangezogen wird. Die Verwendung von Übertragern ermöglicht eine günstige Anpassung im Verstärker. Dies führt bei gleichen Transistoren zu einer höheren Schaltgeschwindigkeit als bei den Schaltkreisen der Gruppe A. Die Bindung an die feste Betriebsfrequenz der Dynamischen Technik muß im Gesamtkonzept eines nachrichtenverarbeitenden Systems berücksichtigt werden.

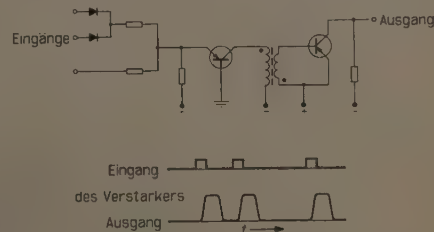


Bild 3. Dynamische Schaltkreistechnik.
oben: Prinzipschaltbild von Gatter und Verstärker
unten: Impulsplan des Verstärkers mit Laufzeit

2.3 *Schaltkreise mit ungesättigten, gleichstromgekoppelten Transistoren*

Forderungen nach extrem schnellen Anlagen führten zur Entwicklung einer weiteren Schaltkreistechnik. Sie ist unter dem Namen *„Current-Switching Mode"* bekanntgeworden. Diese (im Bild 4 gezeigten) Schaltkreise übernehmen aus der Gruppe A einmal die Vorteile, die eine Gleichstromkopplung der Transistoren bietet, und weiterhin die Verwendung von Transistorkombinationen zur Ausführung der logischen Verknüpfungen. Sie vermeiden jedoch — wie bereits beim Bild 1 erwähnt — die Sättigung der Transistoren. Die Current-Switching Mode ist somit vermutlich die schnellste bisher entwickelte Schaltkreistechnik mit Transistoren. Nachteilig sind die hohe Anzahl von Bauelementen, die praktische Notwendigkeit komplementärer (pnp und npn) Transistoren, die relativ große Leistungsaufnahme der Schaltungen und die höhere Verlustleistung im leitenden Transistor (Einfluß auf die Lebensdauer?).

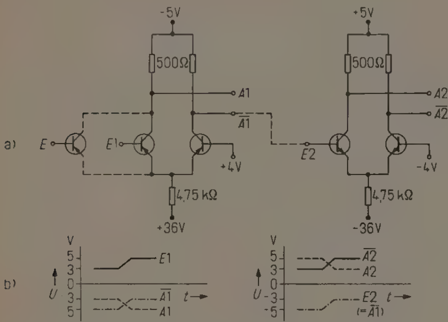


Bild 4. Schaltkreistechnik „Current-Switching Mode" [34].

Bild 4a. Links: Baustein mit pnp-Transistoren (Gatter-Kombination gestrichelt angedeutet). Rechts: Baustein mit npn-Transistoren. *E* Eingänge, *A* Ausgänge.

Bild 4b. Spannungsverlauf an den Eingängen und den Ausgängen der Bausteine nach Bild 4a.

3. Ein Vergleich der Schaltkreisprinzipien

3.1 *Die Problematik eines Vergleichs*

Ein Vergleich verschiedener Schaltkreise hinsichtlich ihrer Leistung und insbesondere ihrer Wirtschaftlichkeit bleibt — vgl. auch *Richards* [4] — immer problematisch. Man müßte zu diesem Zweck vollständige und gleichwertige nachrichtenverarbeitende Anlagen in den verschiedenen Techniken optimal und mit gleicher Übung planen. Hinsichtlich des Schwierigkeitsgrades dieser Planungsarbeit bestehen — wie wiederum *Richards* bestätigt — kaum objektiv feststellbare Unterschiede zwischen den verschiedenen Schaltkreisen; doch wird optimale Planung stets eine Sache der Übung bleiben.

Bei einem Vergleich an Hand relativ kleiner, leicht zu überblickender Einheiten besteht immer die Gefahr, daß das gewählte Beispiel den Möglichkeiten einer speziellen Technik besonders gut angepaßt ist. Sie führt zu einer sehr einfachen, billigen Lösung und ist *scheinbar* anderen Techniken eindeutig überlegen.

3.2 *Ein Vergleich technischer Eigenschaften*

Wegen der zuvor angeführten Problematik wurden in die Vergleichstabelle I für die einzelnen Schaltkreise nur die charakteristischen, vorzugsweise technischen Eigenschaften aufgenommen, ferner sind die jeweils verwendeten Bauelemente angegeben.

Die Tabelle I zeigt: alle Schaltkreise mit gleichstromgekoppelten Transistoren gestatten beliebige Arbeitsgeschwindigkeiten bis hinauf zu einer oberen, durch Zeitkonstanten der Schaltung und Trägheiten der Halbleiterbauelemente gesetzten Grenze. Dies ermöglicht sehr leicht eine Zusammenarbeit, einen Gleichlauf der Schaltkreise mit anderen Teilen der nachrichtenverarbeitenden Anlage, z. B. mit den Datenspeichern und mit den Eingabe- und Ausgabe-Geräten. Die Schaltkreise arbeiten hierbei gegebenenfalls start-stop-mäßig, gesteuert durch den Arbeitsrhythmus des jeweiligen Gerätes. Der mögliche extrem langsame Betrieb erleichtert Prüfung und Fehlersuche.

3.3 *Ein Vergleich logischer Eigenschaften*

Allen Schaltkreisen mit gleichstromgekoppelten Transistoren (Gruppe A und C) ist ferner bezüglich der logischen

Vergleich verschiedener Schaltkreistechniken

	Gruppe A Schaltkreise mit gesattigten, gleichstromgekoppelten Transistoren				Gruppe B Schaltkreise mit gesattigten, wechselstrom-(ubertrager-) gekoppelten Transistoren	Gruppe C Schaltkreise mit ungesattigten, gleichstromgekoppelten Transistoren
Schaltkreis-Technik: Name	RT Resistor-Transistor Logic	DT Diode-Transistor Logic	DCTL Direct Coupled Transistor Logic	RCT Widerstand-Kondensator Transistor-Technik	Dynamische Technik	Current-Switching Mode
Schaltkreis-Technik: verwendete Bauelemente						
Schaltkreis-Technik: Prinzip dargestellt im	Bild 2a	Bild 2b	Bild 2c	Bild 2d	Bild 3	Bild 4a und 4b
Logische Verknüpfungen realisiert durch ... im Gatter	Widerstande *	Dioden *	Transistoren (Logik u Verstarkung zugleich)	Transistoren (Logik u Verstarkung zugleich)	Dioden und Widerstände	Transistoren (Logik u Verstarkung zugleich)
Verstärkung durch	Transistor *	Transistor *			Transistor-Verstärker	
Speicherung im	Flip-Flop	Flip-Flop	Flip-Flop	Flip-Flop	Laufzeitglied mit Transistor-Verstarker	Flip-Flop
Arbeitsgeschwindigkeit	beliebig zwischen Null und oberer Grenze	beliebig zwischen Null und oberer Grenze	beliebig zwischen Null und oberer Grenze	beliebig zwischen Null und oberer Grenze	fest vorgegeben (ca ±10%)	beliebig zwischen Null und oberer Grenze
Synchronisation: Synchronisier-Impulse, Synchronisier-Phasen	2 Phasen	2 Phasen	2 Phasen	1 Phase	≥ 2 Phasen	2 Phasen

* Transistor verstarkt und invertiert (negiert) stets das Gatterausgangssignal

Tabelle I.

Vergleich verschiedener Schaltkreistechniken

Struktur gemeinsam, daß sie an den Ausgängen der zur Signalspeicherung benutzten bistabilen Kippschaltung[2]) sowohl die normale Information „X" wie die invertierte, d. h. die negierte Information „$\bar{X}$" bereitstellen.

Allen diesen Schaltkreisen ist weiter gemeinsam, daß sie sämtliche vorkommenden logischen Verknüpfungen aus *einer* Verknüpfung aufbauen können. Diese Verknüpfung ist bei der RT- und bei der DT-Technik die Verknüpfung „NOR" („weder X noch Y"), Tabelle II[3]); sie wird durch den Grundbaustein direkt geliefert, der also zugleich Grundkombination ist. Die DCTL und die RCT-Technik bieten in ihren Grundkombinationen neben der Verknüpfung NOR noch zusätzlich die Verknüpfung „Shefferscher STRICH" („X und Y bestehen nicht beide") Tabelle III[4]).

Tabelle II. Die Verknüpfung NOR

Eingangsinformation		Information am Ausgang	Negation der Eingangsinformation	
X	Y	Z	$\bar{X}$	$\bar{Y}$
0	0	1	1	1
1	0	0	0	1
0	1	0	1	0
1	1	0	0	0
$\overline{X \vee Y}$	=	Z	=	$\bar{X}$ & $\bar{Y}$

Tabelle III. Die Verknüpfung Shefferscher STRICH

Eingangsinformation		Information am Ausgang	Negation der Eingangsinformation	
X	Y	Z	$\bar{X}$	$\bar{Y}$
0	0	1	1	1
1	0	1	0	1
0	1	1	1	0
0	0	0	0	0
$\overline{X \,\&\, Y}$	=	Z	=	$\bar{X} \vee \bar{Y}$

NOR und Shefferscher STRICH sind die beiden Verknüpfungen, deren jede allein gestattet, alle beliebigen logischen Verknüpfungen darzustellen. Da die DCTL und die RCT-Technik beide Verknüpfungen direkt bieten, sind diese Techniken besonders flexibel in der Kombination größerer logischer Komplexe. Für die Current-Switching Mode gilt ähnliches.

Die bekannten Ausführungen von Schaltkreisen mit wechselstrom- (übertrager-) gekoppelten Transistoren arbeiten mit den Verknüpfungen UND, ODER und NICHT.

3.4 Gründe zur Wahl einer Schaltkreistechnik

Bei der Auswahl einer Schaltkreistechnik wird man neben logischen, schaltungstechnischen und aufwandsmäßigen Gesichtspunkten immer berücksichtigen, welche Halbleiterbauelemente, insbesondere Transistoren, für die Entwicklung verfügbar sind und zu welchen Preisen. Man rechnet in Amerika damit, daß in einigen Jahren zuverlässige kommerzielle Transistoren mittlerer Grenzfrequenz sehr preisgünstig sein werden. Dies beeinflußt mit, daß dort — soweit erkennbar — der Entwicklung heute überwiegend Schaltkreise mit gesättigten, gleichstromgekoppelten Transistoren (Gruppe A) zugrunde gelegt werden. Man ist hierbei bestrebt, mit *einer* Standardbaugruppe (für Logik und bistabile Kippschaltungen) auszukommen. Nur die Forderung nach extrem hoher Arbeitsgeschwindigkeit der Schaltkreise rechtfertigt nach amerikanischer Ansicht die Verwendung der aufwendigeren Current-Switching Mode (Gruppe C).

Die Übersicht (Abschnitt 2) über die verschiedenen Schaltkreise zeigt, daß innerhalb der Gruppe A — gleiche Transistoren vorausgesetzt — die RCT-Technik die relativ höchste Schaltgeschwindigkeit zu erreichen erlaubt. Die später beschriebene Art der Signalübernahme in die bistabile Kippschaltung verringert zudem den Aufwand. Der hierdurch bedingte Verzicht auf extreme Standardisierung (unterschiedliche Baugruppen für Logik und bistabile Kippschaltung) erscheint unter den europäischen Verhältnissen berechtigt.

4. Die Bausteine der RCT-Technik und ihr Zusammenwirken

Die Kurzbezeichnung RCT soll hinweisen auf die charakteristischen Bauelemente dieser Schaltkreise: Widerstände, Kondensatoren und Transistoren.

4.1 Der Grundbaustein: Der Transistorschalter

Grundbaustein der RCT-Technik ist der „Transistorschalter", ein Transistor in Emitterschaltung, dessen Emitter-Kollektor-Strecke entweder gesperrt oder leitfähig ist, abhängig vom Steuersignal an der Basis. Da der Transistorschalter dem Relaiskontakt weitgehend entspricht, haben RCT-Schaltkreise große Ähnlichkeit mit Relaisschaltungen. Transistorschalter können zwar nicht ganz so freizügig kombiniert werden wie Relaiskontakte, sind aber andererseits um das 10^3- bis 10^4fache schneller. Die spezielle Symbolik, die zur Darstellung von RCT-Schaltkreisen gewählt wurde, berücksichtigt die Analogie zwischen Transistorschalter und Relaiskontakt.

Die RCT-Technik arbeitet mit binären Signalen. Unter einem „binären Signal" soll ein Signal verstanden werden, das nur zwei diskrete Werte, repräsentiert durch „0" und „1", annehmen kann. Ein solches Signal muß nicht notwendig eine Ziffer einer Binärzahl darstellen.

Das Potential einer Leitung ändert in RCT-Schaltkreisen ähnlich wie in der Telegraphentechnik nur dann seinen Wert, wenn das übertragene binäre Signal von 0 auf 1 oder von 1 auf 0 wechselt. In den beschriebenen Schaltkreisen mit pnp-Transistoren entspricht dem Signal 0 das niedrige Potential, z. B. das Erdpotential; dem Signal 1 entspricht dann das hohe, z. B. positive Potential. Diese im weiteren gültige Festlegung ist willkürlich, aber zweckmäßig.

Ein Transistorschalter (Bild 5a), im folgenden stets kurz als *Schalter* bezeichnet, besteht im wesentlichen aus einem Transistor in Emitterschaltung. Seine Emitter-Kollektor-Strecke ist gesperrt, wenn am Eingang das höhere Potential $+U$ (Signal 1) liegt, sie ist dagegen leitfähig; wenn am Eingang das niedrigere Erdpotential (Signal 0) liegt.

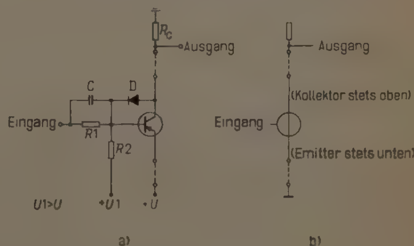


Bild 5. Der Transistor als Schalter.

a) Schaltbild des Schalters, b) Symbol des Schalters.

[2]) Eine bistabile Kippschaltung kann im Prinzip aus zwei rückgekoppelten Grundbausteinen zusammengesetzt werden.

[3]) [4]) &: Verknüpfung UND, v: Verknüpfung ODER.

Der Spannungsteiler $R1$, $R2$ und das Hilfspotential $+ U1$ mit $U1 > U$ sorgen für das gleichstrommäßige Einhalten des gesperrten und des leitfähigen Zustandes. Der Kondensator C und die Diode D erhöhen die Umschaltgeschwindigkeit des Schalters.
Der Kondensator erlaubt, daß im Augenblick des Umschaltens höhere Steuerströme fließen als im stationären Fall. Diese Stromspitzen bewirken beim Einschalten des Transistors ein rasches Zuführen und beim Abschalten ein schnelles Abführen der Minoritätsladungsträger zum und vom Basisraum.
Die Diode erweitert den Bereich der zulässigen Stromverstärkung des Transistors, indem sie bei Transistoren mit hoher Stromverstärkung die Übersättigung in Grenzen hält. Bei Übersättigung des Transistors ergibt sich eine solche Potentialdifferenz zwischen Basis und Kollektor, daß überschüssiger (negativer) Steuerstrom über die Diode zum Kollektor abfließen kann.
Für die weiteren Betrachtungen wird nur noch das Symbol des Schalters nach Bild 5b verwendet.

4.2 Die Gatter

Logische Verknüpfungen binärer Signale werden in der RCT-Technik realisiert durch Gatter, die aus Schaltern zusammengesetzt sind.
Wird der Emitter eines Schalters fest auf das Potential $+ U$ gelegt und der Kollektor mit einem Kollektorwiderstand R_c (dessen anderes Ende auf Erdpotential liegt) verbunden, so wirkt der Schalter entsprechend Bild 6 als

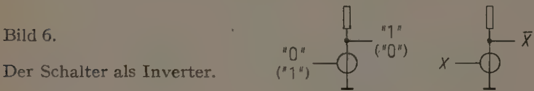


Bild 6.
Der Schalter als Inverter.

Inverter, als Negator. Das Eingangssignal X erzeugt am Kollektor das Ausgangssignal $\overline{X}$ („Nicht X"). Das Ausgangssignal kann als Eingangssignal für weitere Schalter dienen.
Eine Reihenschaltung von zwei Schaltern (Bild 7a) kann nur dann Strom führen (Ausgangssignal 1), wenn *weder* der eine *noch* der andere Schalter gesperrt ist (Eingangssignal 1). Diese Schalterkombination liefert also die Verknüpfung NOR.
Eine Parallelschaltung von zwei Schaltern (Bild 7b) führt solange Strom (Ausgangssignal 1), wie *nicht beide* Schalter zugleich gesperrt werden (Eingangssignale 1). Diese Schalterkombination liefert demnach die Verknüpfung Shefferscher STRICH.

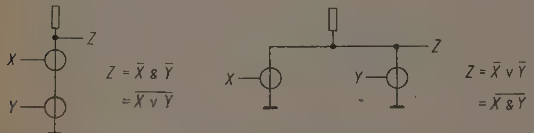


Bild 7a. Schalter in Reihe. Verknüpfung NOR.

Bild 7b. Schalter parallel. Verknüpfung Shefferscher STRICH.

Diese Zuordnung: „Reihenschaltung entspricht NOR" und „Parallelschaltung entspricht Shefferschem STRICH" ist gegeben durch die oben gewählte Zuordnung: „Signal 0 entspricht niedrigem Potential" und „Signal 1 entspricht hohem Potential". Ein Wechsel der Signalzuordnung vertauscht auch die Zuordnung der Verknüpfungen. — Ähnliches gilt für den Übergang von pnp- auf npn-Transistoren.
Reihen- und Parallelschaltung sind nicht auf jeweils nur zwei Schalter beschränkt, sie können außerdem miteinander kombiniert werden: Die Bilder 8 und 9 geben Beispiele für solche umfangreichere Gatter. Aus Bild 9 geht hervor, daß ein Schalter mehreren Gattern zugleich angehören kann („Gatterpyramide"), ein in der Praxis relativ häufiger Fall. Für alle Gatter gilt, daß je Ausgangssignal nur ein Kollektorwiderstand vorhanden ist. Gatterausgangssignale können wiederum als Eingangssignale für Schalter verwendet werden.

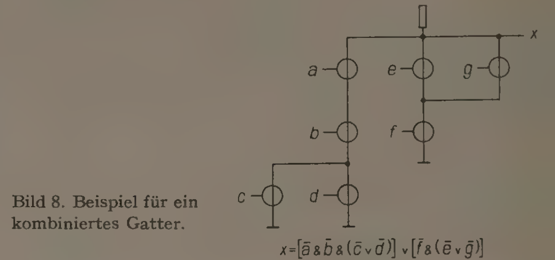


Bild 8. Beispiel für ein kombiniertes Gatter.

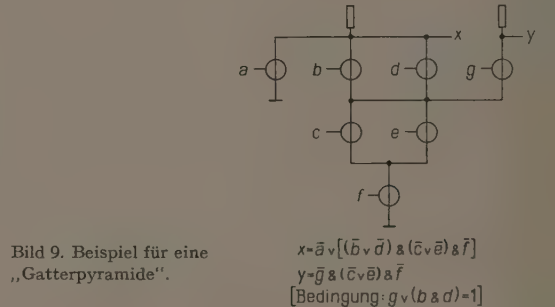


Bild 9. Beispiel für eine „Gatterpyramide".

Der Gedanke liegt nahe, daß Schaltkreise wie die RCT-Technik und DCTL, die je Gattereingang einen Transistor verwenden, zu einem besonders hohen Aufwand an Transistoren führen müßten. Dies ist jedoch in den meisten Fällen ein Trugschluß, da einerseits kombinierte Gatter und Gatterpyramiden möglich sind (Bild 8 und 9) und da andererseits diese Schaltkreise die anfangs erwähnte hohe Flexibilität besitzen durch die freie Wahl zwischen den Verknüpfungen NOR und Shefferscher STRICH.

4.3 Die bistabile Kippschaltung

In einer nachrichtenverarbeitenden Anlage laufen die Vorgänge stets in zeitlich geordneter Reihenfolge ab; spätere Vorgänge sollen dabei durch frühere Vorgänge beeinflußt werden. Schaltkreise müssen deshalb nicht nur logische Verknüpfungen ausführen lönnen, sondern auch Möglichkeiten bieten, die binären Signale zu verzögern oder zu speichern.
Die RCT-Technik verwendet zu diesem Zweck bistabile Kippschaltungen, im folgenden auch als „Flip-Flop" bezeichnet. Ein Flip-Flop ergibt sich im Prinzip unmittelbar durch die gegenseitige Kopplung zweier Schalter, deren Emitter gemeinsam auf dem Potential $+ U$ liegen und deren Kollektoren mit je einem Widerstand R_c versehen sind (Bild 10). In der Ausführung der beschriebenen RCT-Technik bestehen jedoch bemessungsmäßige Unterschiede zwischen Flip-Flop und Schaltern.
Das Bild 10 zeigt, daß das Flip-Flop nicht nur das gespeicherte binäre Signal selbst, sondern auch dessen

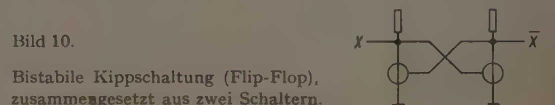


Bild 10.
Bistabile Kippschaltung (Flip-Flop), zusammengesetzt aus zwei Schaltern.

Negation enthält. An den beiden Ausgängen können die beiden Signale X und $\bar{X}$ abgenommen werden.

4.4 Das Zusammenwirken von Gattern und bistabilen Kippschaltungen; die Signalübernahme in die bistabile Kippschaltung

Das Zusammenwirken der beschriebenen Bausteine, von Schaltern, Gattern und Flip-Flops setzt voraus, daß das Ausgangssignal eines Bausteines einem anderen Baustein als Eingangssignal dienen kann.
Die Ausgangssignale von Flip-Flops können, ebenso wie die Ausgangssignale von Gattern, direkt Eingangssignale für Schalter sein.
Die Signale aus Gattern oder aus Flip-Flops werden in ein Flip-Flop der beschriebenen RCT-Schaltkreise durch Impulse synchronisiert übernommen. Die Folge der Synchronisierimpulse sei als „*Takt*" bezeichnet. Es wird nicht vorausgesetzt, daß die Folge der Taktimpulse periodisch, d.h. ein Taktpuls ist. Der Taktpuls ist ein zwar häufiger, aber doch spezieller Fall. Die taktsynchrone Signalübernahme in die Flip-Flops geschieht mit Hilfe von „Impulsgattern", die Dioden enthalten[5]).
Jeweils zwei Impulsgatter bilden zusammen ein „Ansteuerglied" für das Flip-Flop (Bild 11). Das Ansteuerglied hat einen Takteingang T und die beiden Signaleingänge a und b. Der Takt besteht aus positiven Impulsen (kurze Impulse, lange Pausen), deren Amplitude etwas kleiner ist als die Betriebsspannung U. Gelangt ein solcher Taktimpuls zur Basis des einen Transistors im Flip-Flop, so sperrt er diesen Transistor, und der andere Transistor wird leitend. Das Eingangssignal a des von R_a, C_a und D_a gebildeten Impulsgatters bestimmt, ob ein Taktimpuls über C_a und D_a zur Basis des linken Transistors gelangen (und damit diesen sperren) kann oder nicht. Ebenso steuert das Eingangssignal b das Impulsgatter R_b, C_b, D_b und damit das Sperren des rechten Transistors durch einen Taktimpuls.
Die Wirkungsweise der Impulsgatter wird verständlich, wenn man bedenkt, daß die Basis eines Flip-Flop-Transistors stets etwa auf dem Potential $+U$ liegt. Das Signal 0 (Erdpotential) am Eingang eines Impulsgatters sperrt also dessen Diode mit etwa der vollen Betriebsspannung U, so daß der nächste eintreffende Taktimpuls (Amplitude kleiner als U) nicht auf die Basis des zugehörigen Transistors gelangen kann. Das Signal 1 (Potential $+U$) am Eingang hingegen hat zur Folge, daß die Diode nicht vorgespannt ist und daß somit der nächste eintreffende Taktimpuls zur

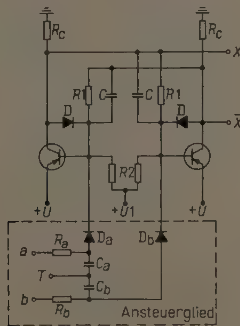


Bild 11.

Bistabile Kippschaltung mit Ansteuerglied.

Basis gelangt und den Transistor sperrt. Das Signal 1 darf niemals an beiden Eingängen zugleich liegen, da sonst sperrende Impulse gleichzeitig auf beide Transistoren wirken würden.
Bei wechselnden Eingangssignalen müssen sich nun erst die Kondensatoren über die zugehörigen Widerstände umladen, bevor der eintreffende Taktimpuls auf den gewünschten Transistor gesteuert werden kann. Die Eingangssignale wirken demnach in den Impulsgattern verzögert, sie werden in den Kondensatoren kurzzeitig, für die Dauer eines Taktimpulses, zwischengespeichert. Diese einfachen Zwischenspeicher erlauben, in den beschriebenen RCT-Schaltkreisen (im Gegensatz zu anderen Schaltkreisen) mit *einem* Takt, d. h. einer einzigen Taktphase, auszukommen.
Die Ansteuersignale stammen immer, entweder direkt (z. B. im Schieberegister) oder über Schalter in Gattern hinweg, aus Flip-Flops. Da nun sämtliche Flip-Flops am gleichen Takt liegen, können sich die Ansteuersignale in dem Augenblick ändern, in dem ein Taktimpuls ihre Übernahme in das Flip-Flop bewirken soll. Eine kurzzeitige Zwischenspeicherung der Eingangssignale ist, und zwar etwa für die Dauer des Taktimpulses, demnach unvermeidlich.

Das Bild 12 gibt die symbolische Darstellung des Flip-Flop mit Ansteuerglied. Der Buchstabe X in der oberen Hälfte des Symbols ist der „Name" des Flip-Flop. Er bedeutet zugleich, daß das Signal am oberen Ausgang mit X bezeichnet sein soll, der untere Ausgang liefert dann das inverse Signal $\bar{X}$.



Bild 12. Symbol der bistabilen Kippschaltung nach Bild 11.

Die Tabelle IV zeigt die logische Verknüpfung — mit der auftretenden zeitlichen Verschiebung — zwischen den Eingangssignalen und den Ausgangssignalen eines Flip-Flop. Als Eingangssignale für das Ansteuerglied können sowohl Gatterausgangssignale als auch Flip-Flop-Ausgangssignale verwendet werden.

Tabelle IV. Die Signalübernahme in die bistabile Kippschaltung. Verknüpfung zwischen Eingangssignalen und Ausgangssignalen.

Eingangssignale		Ausgangssignale nach dem nächsten Taktimpuls	
a	b	X	$\bar{X}$
0	0	Lage des Flip-Flop wird nicht beeinflußt	
1	0	0	1
0	1	1	0
1	1	verbotener Fall	

4.5 Der Impulsschalter

Die Anwendung der Schaltkreise stellt häufig die Aufgabe, die Signale in vielen Flip-Flops gemeinsam für eine gleiche, längere Zeitspanne, d. h. über mehrere Taktimpulse hinweg, zu speichern. Die beiden Ansteuereingänge jedes einzelnen Flip-Flop durch ein Gatter zu sperren, wäre unwirtschaftlich; ein Flip-Flop verbleibt in seiner vorgegebenen Lage ja auch solange, wie an seinem Takteingang die Taktimpulse ausbleiben. Hierfür werden die betreffenden zusammengehörigen Flip-Flops nicht direkt, sondern erst über einen Impulsschalter an die gemeinsame Taktleitung der Anlage angeschlossen. Dieser „Taktimpulsschalter" läßt Taktimpulse zu den Flip-Flops nur dann durch, wenn das Signal an seinem Steuereingang dies erlaubt.
Der mit Transistoren aufgebaute Taktimpulsschalter verhält sich — logisch gesehen — wie ein normaler Schalter; er enthält aber ähnlich dem Ansteuerglied des Flip-Flop einen Zwischenspeicher für sein Steuersignal.

[5]) Nach *Richards* [4] fällt die beschriebene RCT-Technik unter den Begriff „Diode Gate System of Circuit Logic".

4.6 Die bistabile Kippschaltung mit mehreren Ansteuergliedern

Oft will man in ein Flip-Flop wahlweise das Signal aus einem von mehreren Flip-Flops übernehmen und zugleich das übernommene Signal über mehrere Taktimpulse hinweg speichern können. Das oben beschriebene Ansteuerglied läßt sich bei einem Flip-Flop nun nicht nur einmal wie in Bild 11, sondern auch mehrfach vorsehen. Jedes dieser Ansteuerglieder hat dann seine eigenen zwei Signaleingänge und seinen eigenen Takteingang.

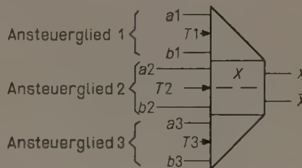


Bild 13.

Symbol des Register-Flip-Flop. Bistabile Kippschaltung mit drei Ansteuergliedern.

Im Bild 13 ist ein solches Flip-Flop mit drei Ansteuergliedern symbolisch dargestellt; dieses Flip-Flop wird als „Register-Flip-Flop" bezeichnet. Hieraus aufgebaute Register gestatten z. B. das Verschieben der in ihnen gespeicherten binären Signale nach rechts und nach links und drittens noch eine parallele Übernahme der Signale aus einem anderen Register. Die Taktimpulse für diese Vorgänge (Schiebe- oder Übernahmeimpulse) werden von verschiedenen, entsprechend gesteuerten Taktimpulsschaltern geliefert.

4.7 Die Synchronisation in der RCT-Technik

Nachrichtenverarbeitende Anlagen können entweder asynchron oder synchron, durch Taktgeber gesteuert arbeiten. Die RCT-Schaltkreise sind — in ihrer beschriebenen Ausführung durch das Ansteuerglied gegeben — für synchronen Betrieb vorgesehen. Da die Schaltkreise gleichstromgekoppelt sind (vgl. Tabelle I, Gruppe A), ist dieser synchrone Betrieb bis hinauf zu einer oberen Grenze der Arbeitsgeschwindigkeit möglich. Daß die Folge der Synchronisierimpulse nicht zwangsweise periodisch sein muß, ermöglicht die leichte Zusammenarbeit, einen Gleichlauf der Schaltkreise mit Datenspeichern und mit peripheren Geräten.
In RCT-Schaltkreisen gibt es Abschnitte, in denen die binären Signale unsynchronisiert fortschreiten. Diese Abschnitte beginnen an den Ausgängen der Flip-Flops und enden an den Eingängen der Flip-Flops. Innerhalb eines Abschnittes durchlaufen die binären Signale eine Folge von Schaltern.
Die Laufzeit eines binären Signals durch einen Abschnitt hindurch hängt nun ab von der Anzahl und von der Trägheit der durchlaufenen Transistoren. Obwohl die binären Signale alle praktisch gleichzeitig in den Abschnitt eingetreten sind, treffen sie an den Abschnittsenden gemäß den unterschiedlichen Laufzeiten zu verschiedenen Zeiten ein und bleiben dort infolge der Gleichstromkopplung erhalten. Die Signale werden dann synchron durch einen Taktimpuls in die Flip-Flops übernommen. Der Zeitpunkt der Übernahme muß also die größte Laufzeit durch einen Abschnitt berücksichtigen. Die erwähnten kapazitiven Zwischenspeicher schließen die Störungen aus, die sonst bei Laufzeiten kürzer als die Dauer eines Taktimpulses möglich wären.
Zu der überwiegend durch die Transistoren bestimmten Laufzeit durch einen Abschnitt hindurch addiert sich noch die Verzögerung des Signals durch die RC-Zeitkonstante des Ansteuergliedes im Flip-Flop. Diese maximal mögliche Gesamtlaufzeit bestimmt nun direkt, welcher minimale Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Taktimpulsen gewahrt werden muß. Bei einer periodischen Folge der Taktimpulse, bei einem Taktpuls, ist damit auch die höchste zulässige Taktpulsfrequenz gegeben.
Als Anhaltswert möge dienen, daß bei Transistoren mit z. B. einer α-Grenzfrequenz von 4 MHz die Laufzeit über zwei Schalter (mit je drei Schaltern belastet) ungefähr 0,6 µs beträgt und daß die gesamte Verzögerung des Signals im Flip-Flop ungefähr 1,2 µs ausmacht.
Die Beachtung des minimalen Abstandes zwischen zwei Taktimpulsen ist die einzige Bedingung für die zeitliche Folge der Taktimpulse. RCT-Schaltkreise können deshalb arbeiten:

a) mit seltenen, einzeln ausgelösten Taktimpulsen („Frequenz 0 Hz");

b) mit nichtperiodischen Folgen von Taktimpulsen, solange der kürzeste erlaubte Abstand zwischen zwei Impulsen nicht unterschritten wird;

c) mit einer periodischen Folge von Taktimpulsen, einem Taktpuls, bis hinauf zu einer höchsten zulässigen Frequenz.

Das Arbeiten mit von Hand einzeln ausgelösten Impulsen erleichtert die Inbetriebnahme und die Fehlersuche; man kann den „logischen" Zustand der Anlage Schritt für Schritt weiterschalten. Dieser Betrieb erleichtert ferner — zu Lehr- und Demonstrationszwecken angewandt — das Verstehen der Arbeitsweise einer nachrichtenverarbeitenden Anlage.
Verringert man den Taktimpulsabstand unter den normalen, betriebsmäßigen Wert, so sind Rückschlüsse auf die Betriebssicherheit der Anlage möglich.

5. Das Zusammensetzen von Einheiten aus RCT-Bausteinen

5.1 Die Anwendung der Booleschen Algebra unter Berücksichtigung des Zeitablaufs

Die Rechenregeln der Booleschen Algebra sind wertvolle Hilfsmittel beim Entwerfen von digitalen, mit binären Signalen arbeitenden Anlagen. Einfache wechselseitige Übersetzungsvorschriften zwischen Formeln und symbolischen Schaltplänen ergeben sich, wenn jeweils ein und dieselbe Bezeichnung für Rechengröße, binäres Signal, Ausgangsanschluß und Eingangsanschlüsse verwendet wird. Unter dieser Voraussetzung kann man im symbolischen Schaltplan, dem „logischen Plan", an vielen Stellen auf das Zeichnen der Verbindungen zwischen den Ausgängen und den Eingängen verzichten.
Eine Anwendung der Booleschen Algebra auf die Schaltkreistechnik ist im allgemeinen dadurch eingeschränkt, daß sich die Zeit nicht unmittelbar berücksichtigen läßt. Dieses Hindernis kann im Fall der RCT-Technik zwar auch nicht beseitigt, aber, wie die folgende Betrachtung zeigt, weitgehend umgangen werden.
Durch die Taktimpulse der RCT-Technik wird die Zeit in Intervalle („*Taktintervalle*") geteilt. Solange die aus der Bemessung der RCT-Schaltungen resultierenden Zeitbedingungen (Begrenzung der Anzahl von Schaltern, die ein Signal innerhalb eines Abschnittes durchlaufen darf) beachtet werden, kann man folgende *Idealisierung* vornehmen:

a) Die Taktimpulse stellen nur die Grenzen zwischen den Taktintervallen dar; der Taktimpuls n bildet die Grenze zwischen den Intervallen n-1 und n.

b) Die Taktimpulse haben eine unendlich kurze Dauer und kippen die Flip-Flops ohne jede Verzögerung. Die Laufzeit der Signale über Schalter hinweg sei Null.

c) Eine Verzögerung tritt nur auf bei der Signalübernahme in die Flip-Flops. Diese Verzögerung beträgt stets genau *ein* Taktintervall, wenn das Flip-Flop an die gemeinsame Taktleitung direkt angeschlossen ist. Ein Flip-Flop, das über einen Taktimpulsschalter betrieben wird, übernimmt — wie erwähnt — nur dann Signale, wenn der Impulsschalter Taktimpulse liefert; die Verzögerung beträgt dann ebenfalls genau *ein* Taktintervall.

Eine logische Verknüpfung ist nur dann sinnvoll, wenn sie sich auf die Werte der beteiligten Signale im selben Taktintervall bezieht. Will man formelmäßig zum Ausdruck bringen, wie ein Signal Y in ein Flip-Flop X übernommen wird, so läßt sich durch die Schreibweise $X' = Y$ andeuten, daß das Signal X dem Signal Y mit einem Taktintervall Verzögerung folgt.

Zur Steuerung von Zeitabläufen wird eine Anlage meist Abzählketten mit Flip-Flops enthalten, deren Ausgangssignale gewissermaßen die Taktintervalle numerieren. Auf dem Weg über diese „Zeitsignale" können auch zeitabhängige Funktionen durch logische Verknüpfungen dargestellt werden.

5.2 Ein Beispiel für eine Baueinheit in RCT-Technik

Der Eins-Addierer für Dezimalzahlen im Drei-Excess-Code (Stibitz-Code) in Bild 14 soll ein Beispiel für Kombinationsmöglichkeiten der beschriebenen Schalter und Flip-Flops geben.

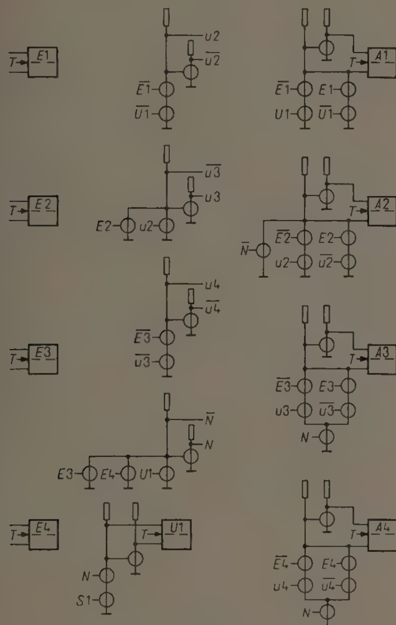


Bild 14. Eins-Addierer für Dezimalzahlen im Drei-Excess-Code. Vier Bits einer Tetrade parallel, Dezimalziffern in Serie.

Der Eins-Addierer addiert die Dezimalziffer Eins zu *einer*, und zwar einer beliebigen Stelle einer serienmäßig angebotenen Dezimalzahl und verarbeitet die auftretenden Überträge. Die vier Bits einer Tetrade, die eine Ziffer der angebotenen Dezimalzahl darstellen, laufen gleichzeitig (parallel) in die vier Flip-Flops $E1$ bis $E4$ (vgl. Bild 14) ein. Das Flip-Flop $E1$ enthält hierbei das niedrigstwertige, $E4$ das höchstwertige Bit. Die Dezimalziffern folgen einander in Serie, d. h., jeder Taktimpuls schiebt eine neue Tetrade in die Flip-Flops $E1$ bis $E4$. Die niedrigstwertige Dezimalziffer kommt hierbei zuerst.
Solange kein Eins-Additions-Befehl eintrifft ($S1=0$), laufen die Ziffern (Tetraden) unverändert vom Eingang $E1$ bis $E4$ zum Augang $A1$ bis $A4$ des Eins-Addierers.
Wird der Eins-Additions-Befehl gegeben (Steuersignal $S1=1$ im Taktintervall n-1), so erscheint im Taktintervall $n+1$ in den Ausgangs-Flip-Flops eine um Eins höhere Ziffer, als sie im Taktintervall n in den Eingangs-Flip-Flops $E1$ bis $E4$ vorlag. Lag im Sonderfall die Ziffer Neun in $E1$ bis $E4$ vor, so erscheint in $A1$ bis $A4$ die Ziffer Null, und es wird ferner wieder eine Eins (der Übertrag) zu der nächsthöheren Dezimalstelle, d. h. in der zeitlich unmittelbar folgenden Tetrade, addiert. Ausgehend von einem Eins-Additions-Befehl kann sich also der Übertrag über beliebig viele Stellen hinweg fortpflanzen, falls die angebotene Zahl in allen diesen Stellen die Ziffer Neun hat.
Der Eins-Addierer nutzt die Eigenschaft des Drei-Excess-Codes nach Tabelle V aus, daß der Addition einer dezimalen Eins zu den Ziffern Null bis Acht die Addition einer binären Eins zum niedrigstwertigen Bit der zugehörigen Tetrade entspricht; er addiert zu ihr die Tetrade 0 0 0 1. Bei der Addition einer dezimalen Eins zur Ziffer Neun wird dagegen durch das Signal N die Ziffer Null am Ausgang „künstlich" erzeugt und der Übertrag in dem Flip-Flop $U1$ gespeichert zur Verwendung in der nächsten Dezimalstelle.

Tabelle V: Drei-Excess-Code

Dezimal-ziffer	Tetrade E 4	E 3	E 2	E 1
0	0	0	1	1
1	0	1	0	0
2	0	1	0	1
3	0	1	1	0
4	0	1	1	1
5	1	0	0	0
6	1	0	0	1
7	1	0	1	0
8	1	0	1	1
9	1	1	0	0

Das Flip-Flop $U1$ veranlaßt die Addition einer dezimalen Eins auf Befehl ($S1=1$) oder infolge eines Übertrages ($N=1$):

$$U1' = S1 \vee N.$$

Bei einer binären Eins-Addition treten Zwischen-Überträge vom ersten zum zweiten ($u2$), vom zweiten zum dritten ($u3$) und vom dritten zum vierten ($u4$) Bit der Tetrade auf:

$$u2 = E1 \,\&\, U1$$
$$u3 = E2 \,\&\, u2$$
$$u4 = E3 \,\&\, u3$$

Das Signal N ist das Kennzeichen dafür, daß die Ziffer Neun angeboten wird und daß dazu Eins addiert werden soll:

$$N = E3 \,\&\, E4 \,\&\, U1.$$

Schließlich wird die Ergebnis-Tetrade in die Ausgangs-Flip-Flops übernommen:

$$A1' = (E1 \,\&\, \overline{U1}) \vee (\overline{E1} \,\&\, U1)$$
$$A2' = (E2 \,\&\, \overline{u2}) \vee (\overline{E2} \,\&\, u2) \vee N$$
$$A3' = [(E3 \,\&\, \overline{u3}) \vee (\overline{E3} \,\&\, u3)] \,\&\, \overline{N}$$
$$A4' = [(E4 \,\&\, \overline{u4}) \vee (\overline{E4} \,\&\, u4)] \,\&\, \overline{N}.$$

Die Zwischenübertragssignale ($u2$, $u3$, $u4$) werden zweckmäßig entsprechend Bild 14 in einander abwechselnden Serien- und Parallelkombinationen von Schaltern erzeugt. Der längste Weg, den ein Signal im Eins-Addierer zwischen zwei Flip-Flops zurücklegen muß, führt (von $E1$ über $u2$, $u3$, $u4$ nach $A4$) dann über nur sechs Schalter hinweg. Würde man für alle drei Zwischenübertragssignale gleichartige Gatter verwenden, so ergäbe sich ein längster Weg über acht Schalter hinweg. Von zwei Lösungen mit gleichem Gesamtaufwand wird man stets die Lösung mit dem kürzeren „längsten Weg" wählen, weil dann die Zeitbedingungen weniger kritisch sind.
Die bereits erwähnte Flexibilität, die freie Wahl zwischen den Verknüpfungen Nor und Shefferscher Strich kann also nicht nur aufwandsmindernd wirken, sondern auch Schaltungskombinationen mit günstigeren Zeitbedingungen ermöglichen.

Literatur

Zum Abschnitt 1

[1] What's Ahead in Computers. Electronics business edition Bd. 31, Nr. 10 (March 7, 1958), S. 17/18.

Zum Abschnitt 2 und Abschnitt 3

Allgemeine Übersichten:

[2] *H. Billing*, Schaltkreis- und Speichertechnik. Nachrichtentechn. Fachber. Bd. 4, 1956 (Konferenzbericht Rechenmaschinentagung Darmstadt 25.—27. 10. 1955), S. 9/14.

[3] *C. L. Wanlass*, Transistor Circuitry for Digital Computers. Trans. Inst. Radio Eng. EC—4 (March 1955), S. 11/16.

[4] *R. K. Richards*, Digital Computer Components and Circuits New York: Van Nostrand 1957.

[5] *H. J. Dreyer*, Transistor-Schaltkreise. Nachrichtentechn. Fachber. Bd. 14, 1959, erscheint in Kürze (Vortrag auf der Diskussionstagung der Nachrichtentechnischen Gesellschaft, Fachgruppe 6; 15. u. 16. 10. 1957 Stuttgart). Dort weitere Literaturangaben.

[6] *K. Braun*, Dioden und Transistoren als Bauelemente in Digital-Rechnern. Nachrichtentechn. Fachber. Bd. 14, 1959, erscheint in Kürze (Vortrag auf der Diskussionstagung der Nachrichtentechnischen Gesellschaft, Fachgruppe 6; 15. u. 16. 10. 1957 Stuttgart).

[7] *R. A. Henle, J. L. Walsh*, The Application of Transistors to Computers. Proc. Inst. Radio Eng. Bd. 46 (1958), S. 1240/1254.

[8] *R. M. Schultz*, Reliability for Missile Computer Circuits. Conference Proceedings of the 2nd National Convention on Military Electronics (16.—18. 6. 1958 Washington), S. 42/48.

[9] *B. J. Yokelson, W. B. Cagle, M. D. Underwood*, Semiconductor Circuit Design Philosophy for the Central Control of an Electronic Switching System. Bell Syst. tech. J. Bd. 37 (Sept. 1958), S. 1125/1153.

Speziell zu 2.1:

[10] *C. T. Cole, K. L. Chien, C. H. Probster*, A transistorized transcribing Card Punch. Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference 1956 (10.—12. 12. 1956), S. 64/66.

[11] *W. D. Rowe*, The Transistor NOR Circuit. Inst. Radio Eng. Wescon Convention Record, 1957, S. 231/245.

[12] *W. D. Rowe*, The Transistor NOR Circuit. Amer. Inst. electr. Eng. Paper CP 57—195.

[13] *W. D. Rowe, G. H. Royer*, Transistor NOR Circuit Design. Amer. Inst. electr. Eng. Paper CP 57—196.

[14] *W. D. Rowe, L. F. Stringer*, The Transistor NOR Circuit Logic and Applications. Amer. Inst. electr. Eng. Paper CP 57—197.

[15] *W. D. Rowe, T. A. Jeeves*, Arithmetic Design of the Nordic Transistorized Digital Computer. Amer. Inst. electr. Eng. Paper 57—294.

[16] *T. R. Finch*, Resistor-Transistor Logic. Proceedings of the Western Joint Computer Conference 1958 (6.—8. 5. 1958).

[17] *W. B. Cagle, W. H. Chen*, A New Method of Designing Low Level, High Speed Semiconductor Logic Circuits. Inst. Radio Eng. Wescon Convention Record, Part 2, 1957, S. 3/9.

[18] *R. H. Beter, W. E. Bradley, R. B. Brown*, Surface-Barrier Transistor Switching Circuits. Inst. Radio Eng. Convention Record Vol. 3, Part 4, 1955, S. 139/149.

[19] *A. L. Cavalieri, Jr.*, Application of Surface Barrier Transistor. Electronic Components Conference Proceedings 1955 (26./27. 5. 1955), S. 9/13.

[20] *R. H. Beter, W. E. Bradley, R. B. Brown, M. Rubinoff*, Direct Coupled Transistor Circuits. Electronics Bd. 28 (June 1955), S. 132/136.

[21] *J. H. Harris*, Direct-Coupled Transistor Logic Circuitry in Digital Computers. Vortrag auf der 1956 Transistor Circuits Conference (16.—17. 2. 1956 in Philadelphia), vgl. auch Trans. Inst. Radio Eng. EC—7 (March 1958), S. 2/6.

[22] *J. W. Easley*, Transistor Requirements for Direct-Coupled Transistor Logic Circuits. Vortrag auf der 1956 Transistor Circuits Conference (16.—17. 2. 1956 in Philadelphia), vgl. auch Trans. Inst. Radio Eng. EC—7 (March 1958), S. 6/16.

[23] *J. A. Githens*, The Tradic Leprechaun Computer. Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference 1956 (10.—12. 12. 1956), S. 29/33.

[24] *J. B. Angell*, Direct-Coupled Transistor Logic. Proceedings of the Western Joint Computer Conference 1958 (6.—8. 5. 1958).

[25] *J. L. Mitchell, K. H. Olsen*, TX—O, A Transistor Computer with a 256 by 256 Memory. Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference 1956 (10.—12. 12. 1956), S. 93/101.

[26] *K. H. Olsen*, Transistor Circuitry in the Lincoln TX—2. Proceedings of the Western Joint Computer Conference 1957 (26.—28. 2. 1957), S. 167/171.

[27] *K. Goßlau*, Der Magnetkernspeicher, ein Schnellspeicher in Nachrichtenverarbeitungs-Systemen, sein Aufbau und seine Arbeitsweise. Regelungstechnik 6 (1958), S. 315/319.

Speziell zu 2.2:

[28] *J. H. Felker*, Notes on the Design of High-Speed Digital Computers using Transistors. In: The Transistor, New York: Bell Laboratory 1951, S. 627/752 (Vorträge auf einem Transistor-Symposium in Murray Hill, Herbst 1951).

[29] *J. H. Felker*, Regenerative Amplifier for Digital Computer Applications. Proc. Inst. Radio Eng. Bd. 40 (1952), S. 1584/1596.

[30] *J. H. Vogelsong*, A Transistor Pulse Amplifier using external Regeneration. Proc. Inst. Radio Eng. Bd. 41 (1953), S. 1444/1450.

[31] Computer Development (SEAC and DYSEAC) at the National Bureau of Standards Washington (DC). Nat. Bur. Stand. Circular 551 (1955).

[32] *H. Kaufmann*, Der Siemens-Digitalrechner 2002, Siemens-Z. Bd. 32 (1958), S. 142/147.

Speziell zu 2.3:

[33] *R. A. Henle*, High-Speed Transistor Computer Circuit Design. Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference 1956 (10.—12. 12. 1956), S. 64/66.

[34] *H. S. Yourke, E. J. Slobodzinski*, Millimicrosecond Transistor Current Switching Techniques. Proceedings of the Western Joint Computer Conference 1957 (26.—28. 2. 1957), S. 68/72.

[35] *C. M. Campbell, Jr.*, The Current-Switching Technique for Digital Computer Circuitry. Conference Proceedings of the 2nd National Convention on Military Electronics (16.—18. 6. 1958 Washington), S. 245/249.

[36] *J. L. Walsh*, IBM Current Mode Transistor Logical Circuits. IBM-Druckschrift 1958.

[37] *J. L. Walsh*, Current Mode Logic. Proceedings of the Western Joint Computer Conference 1958 (6.—8. 5. 1958).

Speziell zu 3.3:

[38] *I. M. Bochenski, A. Menne*, Grundriß der Logistik. Paderborn: Schöningh 1954.

[39] *D. Hilbert, W. Ackermann*, Grundzüge der theoretischen Logik. Berlin: Springer 1949.

Zum Abschnitt 4

[4] siehe oben.

[40] *J. T. Warnock*, Junction-Transistor Switching Circuits. Vortrag, gehalten auf der Transistor Circuits Conference 1954 (19. 2. 1954 in Philadelphia).

[41] *K. Goßlau, H. J. Harloff*, Untersuchungen über das Gleichstrom- und das Wechselstrom-Verhalten von bistabilen Kippschaltungen. Nachrichtentechn. Z. 8 (1955), S. 521/530.

[42] *B. Rall*, Die Anwendung des Flächentransistors in Zählschaltungen. Nachrichtentechn. Fachber. Bd. 5, 1956, S. 50/56. Vortrag auf der Diskussionstagung der Nachrichtentechnischen Gesellschaft, Fachgruppe 3 (5.—6. 4. 1956 in Mainz).

Zum Abschnitt 5

[43] *R. K. Richards*, Arithmetic Operations in Digital Computers, New York: Van Nostrand 1955.

Beispiele zur Lösung technischer Probleme mit dem Analogrechner

von W. AMMON
und G. SCHNEIDER

Institut für Automation
der AEG, Frankfurt a. M.

Examples for the solution of technical problems by means of an analog computer

Nach einer kurzen Einführung über Verwendungsmöglichkeiten und Genauigkeit des Analogrechners, insbesondere im Vergleich mit dem Digitalrechner, wird an zwei Beispielen die Lösung von technischen Problemen mit dem Analogrechner demonstriert. Eine der Aufgaben ist die Berechnung des Einschwingvorganges von Fluß und Strom in einem Transformator, der an ein Wechselspannungsnetz geschaltet wird, die andere Aufgabe hat die Untersuchung eines drehzahlgeregelten Antriebes zum Gegenstand. Es werden jeweils — ausgehend vom Wirkschaltbild — die Gleichungen der Anlagen abgeleitet und in den Koppelplan für den Analogrechner übersetzt. Die Rechenergebnisse sind in Form von Oszillogrammen angegeben, die am Sichtgerät des Analogrechners photographiert wurden.

After a brief introduction dealing with the possibilities of using the analogue computer and its precision, especially in comparison with the digital computer, the solution of technical problems by means of the analogue computer is illustrated by two examples. One of the problems is the computation of the transients of flux and current in a transformer which is switched to an a/c network. The other problem is a study of speed controlled drives. The equations of the systems are deduced and translated into a wiring diagram for the analog computer. The results are shown as oscillograms of the cathode ray tube output of the analogue computer.

Eine große Zahl von Problemen aus Technik und Naturwissenschaft läßt sich auf die Lösung von gewöhnlichen Differentialgleichungen mit gewissen Anfangs- oder Randbedingungen zurückführen. Vor dem Erscheinen der elektronischen Rechenmaschinen war jedoch häufig hiermit nichts gewonnen, denn nur zu oft stand man am Ende vor einer nichtlinearen Differentialgleichung, die man mit den herkömmlichen Methoden nicht angreifen konnte, oder aber vor einem System sehr vieler linearer Differentialgleichungen, das nur unter großem Zeitaufwand gelöst werden konnte, um nur einige Komplikationen zu nennen. Durch Heranziehung eines Digital- oder Analogrechners ist es nunmehr möglich geworden, auch in vielen der ebengenannten, vorher aussichtslosen Fälle Lösungen in Form von Tabellen oder Kurven in kurzer Zeit anzugeben.

Zweifellos stellt der Digitalrechner das vielseitiger verwendbare Gerät dar. Seine Rechengenauigkeit hängt von der Art seiner Programmierung ab und kann auf Kosten der Rechenzeit praktisch beliebig groß gemacht werden. Im allgemeinen bereitet es hierbei keine Schwierigkeit, ohne übermäßigen Aufwand an Rechenzeit eine Genauigkeit von 10^{-4} bis 10^{-6} zu erreichen. Der elektronische Analogrechner hingegen arbeitet normalerweise mit einer Genauigkeit von $2 \cdot 10^{-2}$ bis 10^{-3} und ist in der Hauptsache zur Lösung von gewöhnlichen Differentialgleichungen geeignet, obgleich gelegentlich auch Aufgaben anderer Art mit ihm behandelt werden. Die gegenüber dem Digitalrechner erheblich geringere Genauigkeit stört bei technischen Problemen meist nicht, da die Toleranzen der in den berechneten Anlagen verwendeten Geräte gewöhnlich größer sind als die Rechengenauigkeit. Ein großer Vorteil des Analogrechners gegenüber dem Digitalrechner ist die hohe Rechengeschwindigkeit und der gerätemäßig viel geringere Aufwand. Ein repetierender Analogrechner mittlerer Größe mit 30 Integratoren ist beispielsweise in der Lage, Differentialgleichungen bis zur dreißigsten Ordnung zu lösen und dies in einer Zeit von Sekunden bis Minuten. Außerdem besteht die Möglichkeit, durch eine Zeittransformation den zeitlichen Ablauf des untersuchten Vorganges am Analogrechner zu raffen oder zu dehnen. Beispielsweise läßt sich der Prellvorgang an den Kontakten eines Relais bei der Berechnung so verlangsamen, daß er in mehreren Sekunden statt in Sekundenbruchteilen abläuft.

Einschwingvorgang am Transformator

Ein einfaches Beispiel für die Lösung einer nichtlinearen Differentialgleichung ist die Berechnung des Einschwingvorganges von Fluß und Strom bei einem Transformator, an welchen eine Wechselspannung angelegt wird.[1]) Dieses Problem tritt im Transformatorenbau auf. Man möchte ermitteln, welche Spitzenwerte die Ströme in den Wicklungen während der Einschwingzeit annehmen, nachdem der Transformator an ein Netz geschaltet wurde; außerdem interessiert die Kenntnis der Zeit, innerhalb welcher die Amplitude der Stromspitzen auf die Hälfte der Amplitude der ersten Spitze zurückgegangen ist. Die Einschwingvorgänge interessieren besonders wegen der Einstellung der Schutzrelais, die u. U. durch zu lange dauernde oder zu hohe Einschaltstromstöße zur Auslösung kommen können.

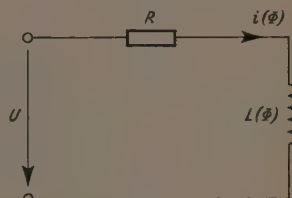


Bild 1.
Ersatzbild eines an ein Wechselspannungsnetz angeschlossenen Transformators.

Das Ersatzbild des Transformators (Bild 1) besteht hier aus der Reihenschaltung eines ohmschen Widerstandes R (Wicklungswiderstand) und einer Induktivität mit Eisenkern. Der Wert der Induktivität ist nicht konstant, sondern hängt infolge der Magnetisierungskennlinie $\Phi(i)$ des Eisenkerns vom Strom i bzw. dem Fluß Φ ab. Es ist

$$U = i(\Phi) \cdot R + w \frac{d\Phi}{dt} \quad ; \quad \Phi(0) = 0 \qquad (1)$$

oder

$$\Phi = \int_0^t \left[\frac{U}{w} - \frac{R}{w} i(\Phi) \right] dt, \qquad (2)$$

wobei gilt: U angelegte Spannung $= U_0 \sin \omega t$, R Wicklungswiderstand, w Windungszahl, i Strom, Φ Fluß.

Der Zusammenhang zwischen i und Φ ist durch die Magnetisierungskennlinie des Eisens gegeben. Wie man sieht, ist die Differentialgleichung für diesen einfachen

[1]) Aufgabenstellung von Herrn Dipl.-Ing. *E. Kochendörfer* — AEG.

Einschwingvorgang bereits nichtlinear und eine Behandlung von Hand schwierig und sehr zeitraubend.
Bei der Lösung der Gleichung am Analogrechner wird die Kennlinie $i\ (\Phi)$ durch einen sogenannten Funktionsgeber derart nachgebildet, daß zu jedem Eingangswert Φ der der Kennlinie entsprechende Wert i als Ausgangsgröße des Funktionsgebers erscheint. Um eine Übersteuerung der Rechenverstärker und des Funktionsgebers zu vermeiden, müssen die Größen i und Φ normiert werden, d. h. man muß zu $|i|$ und $|\Phi|$ obere Schranken i_m und Φ_m angeben, so daß $|i / i_m|$ und $|\Phi / \Phi_m|$ stets kleiner als Eins bleiben. Ferner wird an Stelle der Zeit t eine neue Maschinenzeit $\bar{t} = \beta t$ eingeführt, um den zeitlichen Ablauf der Lösung zu dehnen. Nach Normierung und Einführung der neuen Veränderlichen $\bar{t}$ lautet dann die Gleichung (2):

$$\left(\frac{\Phi}{\Phi_m}\right) = \int_0^{\bar t} \left[\frac{U_0}{\beta w \Phi_m} \sin \frac{\omega}{\beta} \bar{t} - \frac{R\, i_m}{\beta w \Phi_m} \left(\frac{i(\Phi)}{i_m}\right)\right] d\bar{t}. \quad (3)$$

Bei der praktischen Berechnung eines 100 kVA-Transformators lagen folgende Zahlenwerte zugrunde:

$U_0 = 6000$ V und 6200 V, $\quad i_m = 20$ A
$w = 1500 \quad \Phi_m = 0{,}05$ Vsec,
$R = 20\ \Omega \quad \beta = 10$
$\omega = 314$

das heißt:

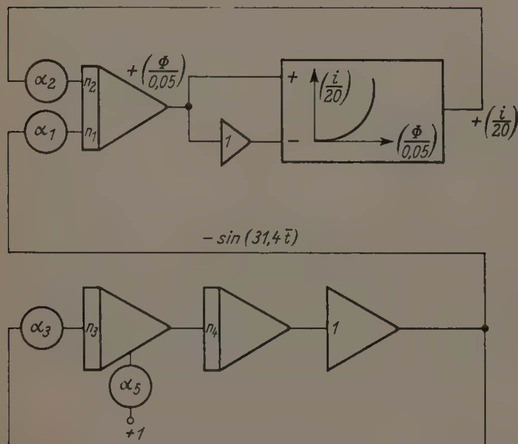
$$\left(\frac{\Phi}{0{,}05}\right) = \int_0^{\bar t} \left[\frac{U_0}{750} \sin 31{,}4\, \bar{t} - 0{,}533 \left(\frac{i(\Phi)}{20}\right)\right] d\bar{t}; \quad (4)$$

$i\ (\Phi)$ war als Kurve gegeben.

Den Koppelplan zur Lösung dieser Gleichung zeigt Bild 2.

$\sin \frac{\omega}{\beta} \bar{t}$ wird hierbei als Lösung der Differentialgleichung

$$\frac{d^2 y}{d \bar{t}^2} + \left(\frac{\omega}{\beta}\right)^2 y = 0;\ y\ (0) = 0,\ \left(\frac{d y}{d \bar{t}}\right)\Bigg|_{\bar t = 0} = \frac{\omega}{\beta}, \quad (5)$$



für $U_0 = 6000$ V $\quad \alpha_1 = 0{,}800,\ n_1 = 10$
für $U_0 = 6200$ V $\quad \alpha_1 = 0{,}827,\ n_1 = 10$
$\alpha_2 = 0{,}533,\ n_2 = 1$
$\alpha_3 = 0{,}986,\ n_3 = 10$
$n_4 = 100$
$\alpha_5 = 0{,}314$

Bild 2. Nachbildung des Transformators nach Bild 1 im Analogrechner.

bzw.

$$y = \int_0^{\bar t} \left[- \int_0^{\bar t} \left(\frac{\omega}{\beta}\right)^2 y\, d\bar{t} + \frac{\omega}{\beta}\right] d\bar{t} \quad (6)$$

gesondert in einer Hilfsschaltung erzeugt. Der gesuchte Strom i kann am Ausgang des Funktionsgebers und der Fluß Φ am davorliegenden Integrator betrachtet werden. Die Bilder 3 bis 6 zeigen die am Rechner fotografierten Oszillogramme der Ströme und Flüsse. Als Zeitmaßstab ist Echtzeit angegeben; auf dem Analogrechner lief der Vorgang (wegen $\beta = 10$) zehnmal langsamer ab.

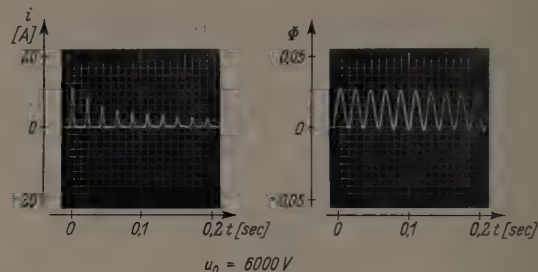


Bild 3 und 4. Strom- und Flußverlauf des Transformators nach dem Anschalten an ein Netz.

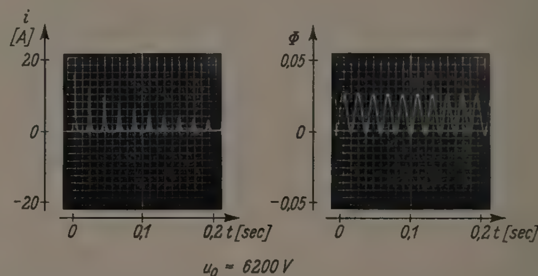


Bild 5 und 6. Strom- und Flußverlauf des Transformators nach dem Anschalten an ein Netz.

Die Berechnung des oben beschriebenen Einschaltvorganges wäre selbstverständlich auch mit dem Digitalrechner möglich gewesen, jedoch hätte wegen der steilen Flanken der Stromimpulse mit sehr kleiner Schrittweite gerechnet werden müssen, was für den IBM-Magnettrommel-Rechner 650 eine Rechenzeit von ca. 2 mal 60 min zur Folge gehabt hätte; allerdings wäre auch die Genauigkeit größer gewesen.

Analogrechner in der Regelungstechnik

Ein weites Gebiet für die Anwendung des Analogrechners ist die Regelungstechnik. Aus der Fülle der Probleme, die hier mit Hilfe des Analogrechners gelöst werden können, seien nur einige herausgegriffen: Man bildet ganze Anlagen auf dem Analogrechner nach, berechnet ihre Einschwingvorgänge und untersucht die Auswirkungen von Störungen. Ferner können schnell Aussagen über die Dimensionierung von Bauteilen gemacht werden, da alle Veränderlichen am Analogrechner bequem zugänglich sind. Auch ist es möglich, eine instabile Anlage am Analogrechner zu stabilisieren, da man leicht geeignete Stabilisierungsmittel ausprobieren kann, was in der Praxis meist nicht einfach und zumindest sehr zeitraubend ist. Hierbei kann unter Umständen auch wieder von der Möglichkeit einer Zeitraffung Gebrauch gemacht werden, um die Untersuchungen schneller ausführen zu können.

Drehzahlregelung eines Motors

Als Beispiel zur Behandlung von regelungstechnischen Aufgaben mit dem Analogrechner wird im folgenden die Drehzahlregelung eines Motors durch Beeinflussung des Motorfeldes beschrieben. Das Wirkschaltbild der Anlage zeigt Bild 7.

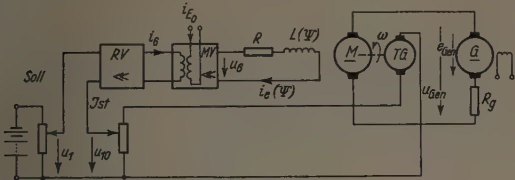


Bild 7. Wirkschaltbild eines drehzahlgeregelten Antriebes.

An einem an einer Gleichstromquelle liegenden Potentiometer wird die Sollwertspannung u_1 abgegriffen und im Röhrenverstärker RV mit der Istwertspannung u_{10} verglichen, welche von einem Tachogenerator geliefert und an einem Spannungsteiler abgegriffen wird. Dem Röhrenverstärker ist ein Magnetverstärker nachgeschaltet, an dessen Ausgang die Feldwicklung des Gleichstrommotors angeschlossen ist. Die Ankerspannung u_{Gen} des Motors wird von einer Gleichspannungsquelle mit kleinem Innenwiderstand geliefert. An dem mit dem Motor gekuppelten Tachogenerator wird eine der Drehzahl proportionale Spannung abgenommen und über einen Spannungsteiler als Istwert auf den Röhrenverstärker zurückgeführt.

Es ist in der Regelungstechnik üblich, an Stelle des Wirkschaltbildes das Strukturbild allen Untersuchungen zugrunde zu legen. Da auch die Aufstellung des Koppelplanes durch diese Darstellung erleichtert wird, ist in Bild 8 das aus dem Wirkschaltbild der Anlage gewonnene Strukturbild angegeben worden. Jeder Block charakterisiert bekanntlich ein bestimmtes Übertragungsverhalten. Die benützten Symbole und die ihnen zugeordneten Gleichungen sind der Vollständigkeit halber in Tabelle 1 zusammengestellt; alle vorkommenden Funktionen samt ihren Ableitungen verschwinden für $t \leq 0$.

Tabelle 1. Zusammenstellung von Strukturbildsymbolen und ihren Gleichungen.

Symbol	Bezeichnung	Gleichung
$\pm x_{E_1}$, $\pm x_{E_2}$, x_A	Summationsstelle	$x_A(t) = \pm x_{E_1}(t) \pm x_{E_2}(t)$
x_E, x_A	Proportionalglied	$x_A(t) = K \cdot x_E(t)$
x_E, x_A	Integralglied	$x_A(t) = \int_0^t K x_E(t)\,dt$
x_E, x_A	Verzögerungsglied	$T\dot{x}_A(t) + x_A(t) = K x_E(t)$
x_E, R1, x_A	rationales Glied erster Ordnung	$T_2\dot{x}_A(t) + x_A(t) = K[x_E(t) + T_1\dot{x}_E(t)]$
x_{E_1}, x_{E_2}, x_A	Multiplikationsglied	$x_A(t) = x_{E_1}(t) \cdot x_{E_2}(t)$
x_E, NL, x_A	nichtlineares Glied (Darstellung einer Kennlinie)	$x_A(t) = f(x_E(t))$

Der Übergang vom Wirkschaltbild zum Strukturbild soll nun kurz erläutert werden: Von der Sollwertspannung u_1 wird in der Summationsstelle *I* die Istwertspannung u_{10} subtrahiert, die der Winkelgeschwindigkeit ω des Motors proportional ist. Dadurch entsteht die der Regelabweichung proportionale Spannung u_2; u_2 wiederum stellt die Eingangsgröße des Proportionalgliedes 1 dar, das die Verstärkung k_1

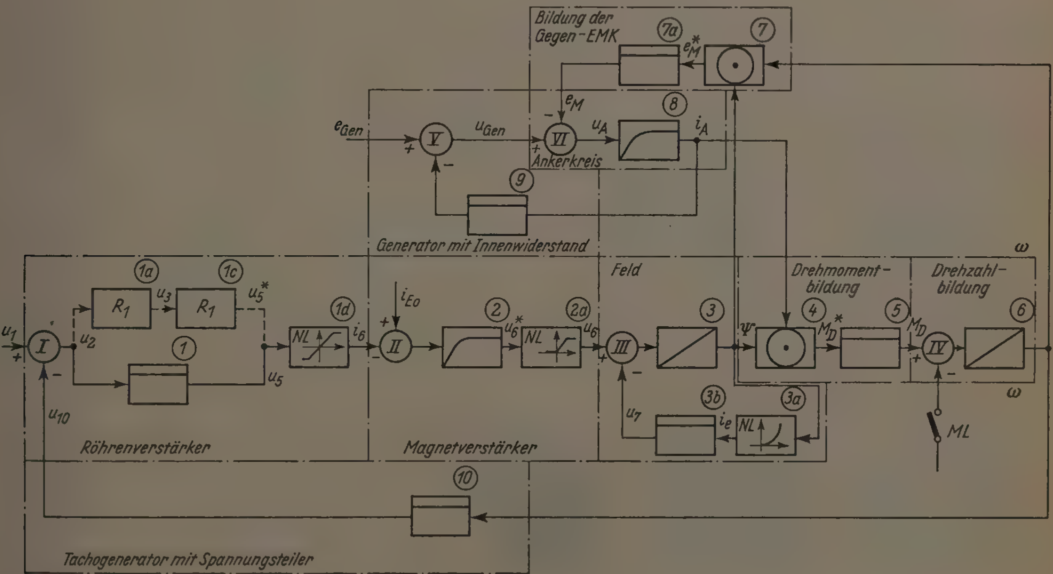


Bild 8. Strukturbild der Drehzahlregelung gemäß Wirkschaltbild (Bild 7).

des Rechenverstärkers RV enthält. Zwischen der Ausgangsgröße u_5 dieses Gliedes und den Größen u_1 und ω besteht somit der Zusammenhang:

$$u_2 = u_1 - k_{10}\,\omega, \tag{7}$$

$$u_5 = k_1 u_2. \tag{8}$$

Die Spannung u_5 ist die Eingangsgröße der Nichtlinearität 1 d, die die Kennlinie des Verstärkers nachbildet. Letztere ist in einem Bereich von $\pm$ 0,1 A linear:

$$i_6 = f_1\,(u_5);\ \text{Begrenzung bei} \pm 0{,}1\ \text{A}. \tag{9}$$

Der Ausgangsstrom i_6 des Rechenverstärkers speist die eine, und ein Vorstrom i_{E_0} die andere Wicklung des Magnetverstärkers MV. Dadurch liefert dieser auch dann eine von Null verschiedene Ausgangsspannung u_6, wenn $i_6 = 0$ ist, so daß ein Durchgehen des Motors nicht möglich ist. In den Blöcken 2 und 2a sind Verstärkung, Zeitverhalten und Steuerkennlinie des Magnetverstärkers nachgebildet. Letztere ist unsymmetrisch, da es sich um einen Eintaktverstärker handelt.

$$T_2 \frac{\mathrm{d}u_6^*}{\mathrm{d}t} + u_6^* = k_2\,(i_{E_0} - i_6); \tag{10}$$

$$u_6 = f_2\,(u_6^*);\ \text{Begrenzung bei 0 V und 140 V} \tag{11}$$

bzw. an Stelle von Gl. (10):

$$u_6^* = \int_0^t \left[\frac{k_2}{T_2}\,i_{E_0} - \frac{k_2}{T_2}\,i_6 - \frac{1}{T_2}\,u_6^*\right] \mathrm{d}t. \tag{12}$$

Man beachte, daß sowohl in Gl. (10) als auch in den folgenden Differentialgleichungen alle Anfangswerte gleich Null gesetzt wurden. Die Ausgangsspannung u_6 des Magnetverstärkers treibt einen Strom i_e durch die Feldwicklung des Motors. Infolge der Magnetisierungskennlinie des Eisens ist die Wicklungsinduktivität nicht konstant, sondern abhängig vom Fluß Ψ, der vom Strom i_e hervorgerufen wird. Es ist

$$u_6 = R i_e + \frac{\mathrm{d}\Psi}{\mathrm{d}t} \quad R\ \text{Wicklungswiderstand}, \tag{13}$$

$$i_e = f_3\,(\Psi), \tag{14}$$

bzw. an Stelle von Gl. (13)

$$\Psi = \int_0^t \left[u_6 - k_{3b}\,i_e\right] \mathrm{d}t \quad k_{3b} = \frac{1}{R}. \tag{15}$$

Auf diese Weise gelangt man zur Darstellung des Feldes im Strukturbild. Das Produkt von Erregerfluß Ψ und Ankerstrom i_A ist proportional dem Drehmoment:

$$M_D = k_5\,M_D^*, \tag{16}$$

$$M_D^* = \Psi \cdot i_A. \tag{17}$$

Von diesem wird das Lastmoment M_L subtrahiert, das auf den Motor wirkt. Die Differenz $M_D - M_L$ ist das Beschleunigungsmoment des Motors. Die Winkelgeschwindigkeit ω des Motors ergibt sich dann aus

$$\Theta \frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t} = k_5 M_D^* - M_L \quad \Theta\ \text{Trägheitsmoment}, \tag{18}$$

oder

$$\omega = k_6 \int_0^t \left[k_5 M_D^* - M_L\right] \mathrm{d}t \quad k_6 = \frac{1}{\Theta}. \tag{19}$$

Aus Drehzahl und Erregerfluß wird die Gegen-EMK des Motors gebildet:

$$e_M = k_{7a}\,e_M^*, \tag{20}$$

$$e_M^* = \Psi \cdot \omega, \tag{21}$$

welche von der anliegenden Spannung u_{Gen} subtrahiert wird und die Ankerspannung u_A ergibt. Diese treibt durch den Anker des Motors einen Strom i_A:

$$T_8 \frac{\mathrm{d}i_A}{\mathrm{d}t} + i_A = k_8\,(u_{Gen} - k_{7a}\,e_M^*), \tag{22}$$

oder

$$i_A = \int_0^t \left[\frac{k_8}{T_8}\,u_{Gen} - \frac{k_{7a}\,k_8}{T_8}\,e_M^* - \frac{1}{T_8}\,i_A\right] \mathrm{d}t. \tag{23}$$

Der Ankerstrom i_A vermindert über den Innenwiderstand k_9 der Spannungsquelle deren EMK e_{Gen}:

$$u_{Gen} = e_{Gen} - k_9\,i_A. \tag{24}$$

Der an den Motor angeschlossene Tachogenerator liefert über einen Spannungsteiler die der Winkelgeschwindigkeit proportionale Spannung:

$$u_{10} = k_{10}\,\omega, \tag{25}$$

die zum Röhrenverstärker zurückgeführt wird.

Die noch offenen Konstanten werden aus den Kenndaten der Maschinen und Geräte ermittelt. Das Strukturbild zeigt, daß es sich bei der Anlage um ein nichtlineares Differentialgleichungssystem von sechster Ordnung handelt. Eine praktisch ausgeführte und auf dem Analogrechner nach dem Wirkschaltbild 7 und dem Strukturbild 8 berechnete Anlage hatte folgende Konstanten:

$$k_1 = 0{,}018\ \text{V/A},$$
$$k_2 = 2450\ \text{V/A};\ T_2 = 0{,}02\ \text{sec},$$
$$k_3 = 1,$$
$$k_{3b} = 72\ \text{V/A},$$
$$k_5 = 0{,}0142\,\frac{\text{mkp}}{\text{Wsec}},$$
$$k_6 = 50\,\frac{1}{\text{mkpsec}^2},$$
$$k_{7a} = 0{,}139,$$
$$k_8 = 0{,}283\ \text{A/V};\ T_8 = 0{,}034\ \text{sec},$$
$$k_9 = 3\ \text{V/A},$$
$$k_{10} = 1{,}275\ \text{V sec}.$$

Mit den angegebenen Zahlenwerten lauten die Gleichungen (7) bis (25) in normierter Form und ohne Zeittransformation (normierte Eingangs- und Ausgangsgrößen zur besseren Übersicht in Klammern):

$$\left(\frac{u_2}{u_{2m}}\right) = \frac{u_{1m}}{u_{2m}}\left(\frac{u_1}{u_{1m}}\right) - k_{10}\,\frac{\omega_m}{u_{2m}}\left(\frac{\omega}{\omega_m}\right),$$

d. h.

$$\left(\frac{u_2}{300}\right) = \left(\frac{u_1}{300}\right) - 1{,}275\,\frac{250}{300}\left(\frac{\omega}{250}\right) \tag{7a}$$

und entsprechend:

$$\left(\frac{u_5}{0{,}1}\right) = 0{,}018\,\frac{300}{0{,}1}\left(\frac{u_2}{300}\right), \tag{8a}$$

$$\left(\frac{i_6}{0{,}1}\right) = g_1\left(\frac{u_5}{0{,}1}\right),\ \text{Begrenzung bei} \pm 1 \tag{9a}$$

$$\left(\frac{u_6}{300}\right) = g_2\left(\frac{u_6^*}{300}\right),\ \text{Begrenzung bei 0 und}\ \frac{140}{300} \tag{11a}$$

$$\left(\frac{u_6^*}{300}\right) = \int_0^t \left[\frac{2450}{0{,}02 \cdot 300}\,i_{E_0} - \frac{2450 \cdot 0{,}1}{0{,}02 \cdot 300}\left(\frac{i_6}{0{,}1}\right) - \frac{1}{0{,}02}\left(\frac{u_6^*}{300}\right)\right] \mathrm{d}t, \tag{12a}$$

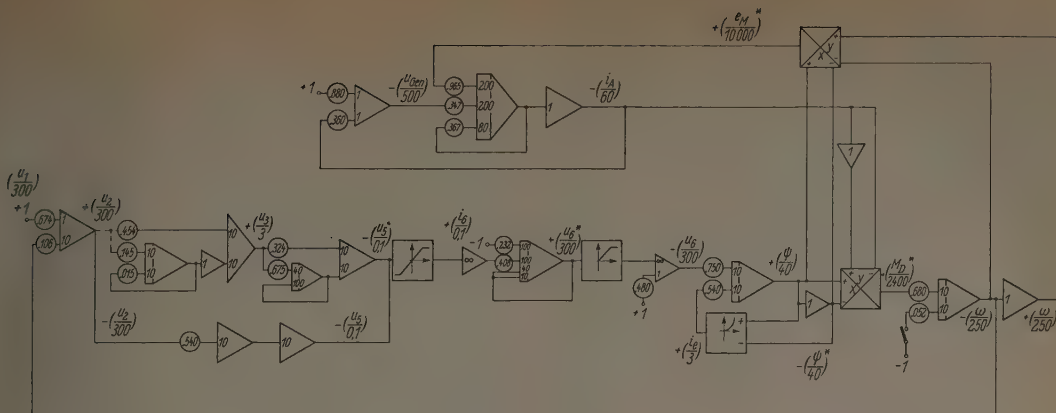


Bild 9. Koppelplan des Analogrechners für die Drehzahlregelung, aufgestellt nach dem Strukturbild (Bild 8).

$$\left(\frac{i_e}{3}\right) = g_3\left(\frac{\Psi}{40}\right), \tag{14a}$$

$$\left(\frac{\Psi}{40}\right) = \int_0^t \left[\frac{300}{40}\left(\frac{u_6}{300}\right) - \frac{72\cdot 3}{40}\left(\frac{i_e}{3}\right)\right] \mathrm{d}t, \tag{15a}$$

$$\left(\frac{M_D{}^*}{2400}\right) = \left(\frac{\Psi}{40}\right)\left(\frac{i_A}{60}\right), \tag{17a}$$

$$\left(\frac{\omega}{250}\right) = \int_0^t \left[\frac{50\cdot 0{,}0142\cdot 2400}{250}\left(\frac{M_D{}^*}{2400}\right) - \frac{50}{250} M_L\right] \mathrm{d}t, \tag{19a}$$

$$\left(\frac{e_M{}^*}{10000}\right) = \left(\frac{\Psi}{40}\right)\left(\frac{\omega}{250}\right), \tag{21a}$$

$$\left(\frac{i_A}{60}\right) = \int_0^t \left[\frac{0{,}283\cdot 500}{0{,}034\cdot 60}\left(\frac{u_{\mathrm{Gen}}}{500}\right) - \frac{0{,}283\cdot 0{,}139\cdot 10^4}{0{,}034\cdot 60}\left(\frac{e_M{}^*}{10^4}\right) - \frac{1}{0{,}034}\left(\frac{i_A}{60}\right)\right] \mathrm{d}t. \tag{23a}$$

$$\left(\frac{u_{\mathrm{Gen}}}{500}\right) = \left(\frac{e_{\mathrm{Gen}}}{500}\right) - \frac{3\cdot 60}{500}\left(\frac{i_A}{60}\right). \tag{24a}$$

Der Sollwert u_1 wird so eingestellt, daß im normalen Betrieb $\omega = 157 \frac{1}{\mathrm{sec}}$ ist. Der Vorstrom i_{g_0} beträgt 0,057 A und die Generatorspannung $e_{\mathrm{Gen}} = 440$ V.

Der Koppelplan (Bild 9), der nach obigen normierten Gleichungen aufgestellt wird, ähnelt sehr stark dem Strukturbild, nur daß jetzt die Symbole für summierende und integrierende Rechenverstärker, Multiplikatoren und dergleichen eingesetzt sind. Es sei ausdrücklich erwähnt, daß jeder Rechenverstärker wegen seines Aufbaus eine zusätzliche Vorzeichenumkehr verursacht.

An derart nachgebildeten Anlagen lassen sich nun die verschiedensten Untersuchungen durchführen. Man wird zunächst sehen, ob der Regelkreis überhaupt stabil ist. Bei der hier berechneten Anlage war er es nicht, und es wurden daher am Analogrechner die notwendigen Stabilisierungsmittel bzw. ihre Dimensionierung experimentell ermittelt. Es erwies sich, daß ein in die Nachbildung des Röhrenverstärkers eingefügtes Übertragungsglied der Form

$$T_{\mathrm{I}} T_{\mathrm{II}} \frac{\mathrm{d}^2 u_5{}^*}{\mathrm{d}t^2} + (T_{\mathrm{I}} + T_{\mathrm{II}}) \frac{\mathrm{d}u_5{}^*}{\mathrm{d}t} + u_5{}^* = K_1\left[T_{\mathrm{III}} T_{\mathrm{IV}} \frac{\mathrm{d}^2 u_2}{\mathrm{d}t^2} + (T_{\mathrm{III}} + T_{\mathrm{IV}}) \cdot \frac{\mathrm{d}u_2}{\mathrm{d}t} + u_2\right] \tag{26}$$

die Regelung stabilisierte. Die angegebene Gleichung entspricht im Strukturbild zwei in Reihe geschalteten R1-Gliedern 1a und 1c, die nun an die Stelle des Blockes 1 treten (gestrichelter Signalfluß in Strukturbild und Koppelplan). Der Verstärkungsfaktor K_1 des Röhrenverstärkers ist in die Glieder einbezogen. In der praktischen Ausführung entspricht die angegebene Gleichung der eines RC-Netzwerkes, das in den Röhrenverstärker eingebaut wurde.

Die Bilder 10 und 11 zeigen das Verhalten des Systems ohne zusätzliche Stabilisierung nach dem Einschwingen. Bei den

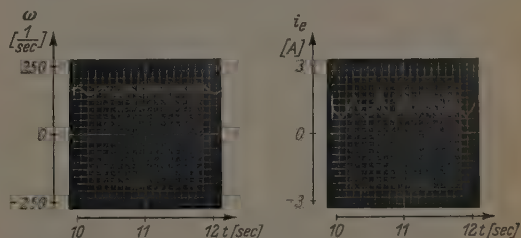


Bild 10 und 11. Drehzahl und Erregerstrom des geregelten Motors bei unstabilisierter Anlage.

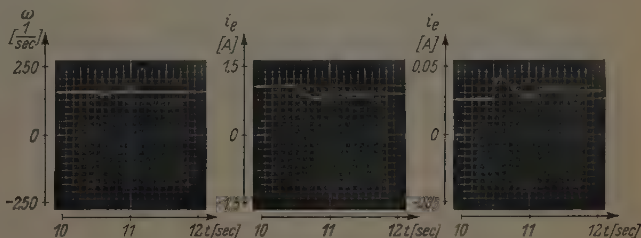


Bild 12, 13 und 14.

Drehzahl, Erregerstrom und Ausgangsstrom des Röhrenverstärkers nach Stabilisierung der Anlage und Aufschaltung eines Lastmomentes bei $t = 10{,}5$ s.

Aufnahmen 12 bis 14 ist die Stabilisierung eingeschaltet und der eingeschwungene Zustand erreicht. Bei $t = 10{,}5$ s wird die Maschine sprungartig mit dem doppelten Nennmoment von 2,6 mkg belastet. Auf den Oszillogrammen ist das Einschwingen verschiedener Größen in den neuen Betriebszustand zu sehen. Infolge der Regelung der Winkelgeschwindigkeit erreicht diese nach einer flachen Schwingung bis auf eine kleine Abweichung wieder ihren Sollwert, den sie auch vor der Lastaufschaltung hatte. Diese Abweichung der Winkelgeschwindigkeit um $3^0/_{00}$ des Sollwertes ist im Oszillogramm nicht zu sehen.
Weitere Untersuchungen, die am Analogrechner angestellt wurden, waren das Einschwingverhalten bei sprungartigen Änderungen der Sollwertspannung u_1 und der Generatorspannung e_{Gen}. Es dürfte ohne weiteres einzusehen sein, daß Messungen, wie sie vorstehend beschrieben wurden, an der wirklichen Anlage sehr zeitraubend und schwierig durchzuführen sind.

Schlußbetrachtung

Als Beispiele wurden hier bewußt zwei relativ einfache technische Aufgaben gewählt. Es soll jedoch darauf hingewiesen werden, daß selbstverständlich auch erheblich kompliziertere Probleme gerechnet werden können, sofern für sie überhaupt ein Analogrechner in Frage kommt; eine Grenze setzt lediglich die Anzahl der verfügbaren Rechenverstärker. Auch diskontinuierliche Prozesse können auf den Analogrechner gebracht werden. Ferner ist der Analogrechner als Simulator in Verbindung mit Meß- und Regelgeräten geeignet, wovon in neuester Zeit bei den Reaktorsimulatoren Gebrauch gemacht wird. Trotz dieser Vielseitigkeit wäre es falsch zu glauben, daß der Digitalrechner überflüssig sei. Es gibt viele Aufgaben, für deren Lösung ein Analogrechner ungeeignet oder nicht genau genug ist. Im letzteren Falle wird er jedoch häufig verwendet, um die Lösung einzugrenzen.

Apparate und Anlagen

Program-Controlled Computer

Der Program-Controlled Computer (PCC), hergestellt von der *Powers Samas Accounting Machines*, London, ist ein mittelgroßer Computer mit schaltbarem Programm, Magnettrommelspeicher und eigener Lese- und Stanzeinheit. Die Ein- und Ausgabe kann alphabetisch, dezimal und in Sterlingbeträgen erfolgen. Die Richtigkeit der Ablesung und Stanzung wird in zwei zusätzlichen Lesestationen geprüft. Festgestellte Differenzen werden angezeigt. Ein- und Ausgabemittel sind 80/160stellige Lochkarten. Eine zusätzliche Lüftung und Klimaanlage sind nicht erforderlich.
Der Computer ist nach dem Baukastenprinzip konstruiert. Jede Einheit kann mit wenigen Handgriffen ausgetauscht werden. Eingebaute Prüf- und Kontrollelemente ermöglichen eine laufende Überwachung des Systems und erleichtern die Wartung. Sie sind so angeordnet, daß sie den normalen Arbeitsablauf und die Schaltung der Maschine unberührt lassen. Die Rechen- und Steuereinheiten sind genormt und auf wenige Typen beschränkt.
Angewendet wird das 2-Adressen-System mit automatischer Resultatplazierung.
Jede Instruktion enthält:

Befehlsschlüssel	Adresse, Faktor A	Adresse, Faktor B
**	***	***

Ist die Operation ausgeführt, gibt der Akkumulator das Resultat automatisch an den Speicherplatz A ab, wobei der dort befindliche Wert gelöscht wird.
Bei der Konstruktion wurde besonderer Wert auf eine optimale Programmierung und ausreichende Speicherkapazität gelegt. Als Speicher wurde deshalb eine Magnettrommel mit 3296 Dezimalstellen gewählt, auf der außer dem Hauptspeicher (2560) auch die Schnellspeicher (96) und die Ein- und Ausgabepuffer (je 320) untergebracht sind. Die Speicherung des Programmes geschieht unabhängig von und außerhalb der Trommel.
Insgesamt stehen 240 Programmgänge zur Verfügung.
120 Gänge sind für das Hauptprogramm und weitere 120 für die Unterprogramme vorgesehen. Zur freien Wahl des Programmierers stehen 120 Gänge im Haupt- und 40 im Unterprogramm. 80 Gänge sind festen Unterprogrammen zugeteilt (z. B. Umwandlung von $^1/_4$ in Dezimale). Dem Unter- und dem Hauptprogramm ist jeweils ein Befehlszähler zugeordnet. Deshalb ist es ohne weiteres möglich, nach einem beliebigen Schritt des Hauptprogrammes in ein Unterprogramm zu springen und nach Ausführung der befohlenen Operation zum nächsten Schritt des Hauptprogrammes zurückzukehren. Wesentlich ist dabei sowohl die einfachere Programmierungsmethode als auch der Zeitgewinn. Der Befehlszähler des Hauptprogrammes bleibt solange stehen, bis das Unterprogramm ausgeführt ist.
Die Programmeingabe geschieht über vier gedruckte Leittafeln. Diese Leittafeln können sowohl vorbereitet sein als auch jeweils neu geschaltet werden. Eine Leittafel nimmt 40 Programmschritte auf. Drei Tafeln dienen der Steuerung des Haupt- und eine der des Unterprogrammes. Jede Tafel ist für sich austauschbar. Die Steuerung der Ein- und Ausgabe erfolgt über zwei unabhängige auswechselbare Schalttafeln.
Aus den oben angedeuteten Kombinationsmöglichkeiten vieler Unter- und Hauptprogramme durch individuellen Austausch der Leittafeln ergibt sich eine große Variationsbreite bei geringen Programmierungszeiten. (Anlage und Verwendung von Programm-Bibliotheken.) Zur weiteren Vereinfachung der Programmierung sind Modifikationen der Speicher- und Bahnadressen sowie eine Reihe von kombinierten Vergleich-Sprungbefehlen vorgesehen.



Technische Daten:

Das Rechenwerk arbeitet in Serie.

Zahlendarstellung:	Halbbinär im 3-Excess-Code
Alphabeteinrichtung:	Standardmäßig eingebaut und in der Kapazität der Pufferspeicher berücksichtigt. Ein Buchstabe wird durch 2 Dezimalziffern dargestellt.
Eingabe:	80/160stellige Lochkarten
Ausgabe:	80/160stellige Lochkarten
Ein- und Ausgabe:	Alphabetisch, Dezimal, Sterling-Währung
Arbeitsgeschwindigkeit:	120 80stellige Lochkarten je Minute (7200 stündlich)
Adressensystem:	2-Faktoren-Adressen mit automatischer Plazierung des Resultates (= 3. Adresse, die nicht programmiert zu werden braucht)
Schaltung:	4 gedruckte Leittafeln für das Programm 2 Schalttafeln für Ein- und Ausgabepuffer
Programm:	Extern schaltbar in 4 Gruppen zu je 40 Programmschritten
Programmschritte:	240 insges. Davon sind vorgesehen: 120 f. Hauptprogramm frei verfügbar 40 f. Unterprogramm frei verfügbar 80 fest eingebaute Unterprogramme
Befehlszähler:	2
Programmbefehle:	37
Vergleicherstellen:	80 zusätzlich
Speicher:	Magnettrommel: 320 Eingabe-Speicherstellen 320 Ausgabe-Speicherstellen 96 Schnell-Speicherstellen 2560 Haupt-Speicherstellen

Mittlere Operationszeiten:

Addition, Subtraktion, Übertragung, Stellenversetzen	0,5 ms
Multiplikation	25,0 ms
Division	40,0 ms

Mittlere Zugriffszeiten:

Schnellspeicher	90 µs
Hauptspeicher	3,5 ms

Abmessungen in cm:

Länge	Breite	Höhe
380	75	250

Platzbedarf:	ca. 15 m² (einschließl. Arbeitsfläche)
Anschlußwerte:	380 V, 50 Hz, 3-Phasen-Strom, Vierfachkabel + Erde
Hersteller:	Powers-Samas Accounting Machines London
Preis:	300000,— DM

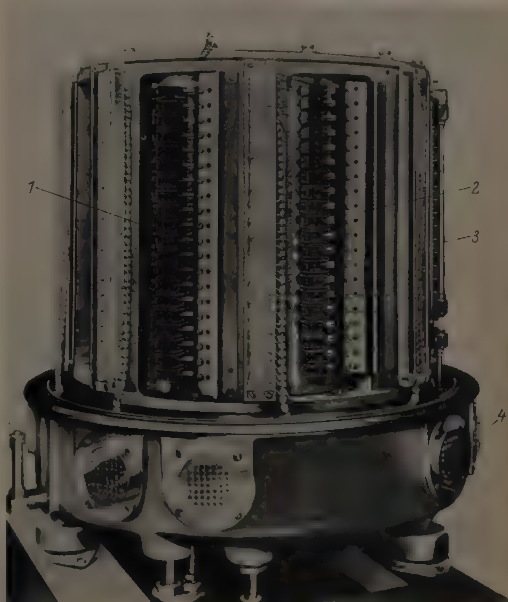
E. Cavagna

Trommelspeicher sehr hoher Kapazität

Die meisten der bisher gebauten Speichertrommeln weisen zwar eine verhältnismäßig kleine Zugriffszeit auf, bieten aber dafür keine große Kapazität, da ihre magnetisierbare Oberfläche sich nicht allzu dicht mit Impulsen belegen läßt. So können bei einer Trommel herkömmlicher Bauart auf 1 cm einer Spur nur etwa 80 bits gespeichert werden. In großen Datenverarbeitungs-Systemen benutzt man aus diesem Grund als äußeren Speicher (etwa zur Aufnahme von Tabellen o. ä.) neben der Trommel vorzugsweise das Magnetband, dessen praktisch unbeschränkte Kapazität natürlich mit dem Nachteil langer Suchzeiten behaftet ist.

Es erregte daher einiges Aufsehen, als die *Laboratory for Electronics, Inc.* während der Rechenmaschinentagung in Boston (1958) über eine neuartige Trommel berichtete, deren „Belegungsdichte" (in bits pro cm Spurlänge) über fünfmal größer ist als bisher üblich. Diese Trommel trägt die Typenbezeichnung „HD" (high density) und kann auf 300 Spuren insgesamt 15 Millionen bits bei einer durchschnittlichen Zugriffszeit von 180 ms aufnehmen. Der vertikal angeordnete Trommelzylinder rotiert mit 180 U/min; er ist zusammen mit dem Antriebsaggregat, der Stromversorgung, den Schreib- und Leseverstärkern und der Ansteuerungsschaltung in einem Schrank untergebracht, der nur 120 cm lang, 75 cm breit und 110 cm hoch ist.

Die ungewöhnlich große Belegungsdichte dieser Trommel beruht auf zwei grundsätzlichen Neuerungen. Zunächst besteht die magnetische Schicht aus einer Kupfer-Nickel-Eisen-Legierung (Cunife), die als Vierkantdraht auf einen Aluminiumzylinder aufgezogen und anschließend nach einem besonderen Verfahren abgeschliffen wird. Dadurch entsteht eine extrem glatte Oberfläche, was für die zweite konstruktive Neuerung unerläßlich ist. Man läßt nämlich die Köpfe durch einen leichten Federdruck auf der ruhenden Trommeloberfläche aufliegen. Das Hauptproblem bei der Trommelspeicherung ist ja die Fixierung eines möglichst



„HD" (high density)-Magnettrommel der Firma *Laboratory for Electronics*, Boston, USA

1 Eine der acht Halteschienen zur Aufnahme von je zwanzig Kopfpaaren, 2 Kopfpaar mit automatischer Justierung, 3 Ölzuführung, 4 Kabelanschluß.

geringen Abstandes zwischen Kopf und Schicht. Die Köpfe der „HD"-Trommel sind nun, paarweise zusammengefaßt, durch eine raffinierte Spitzenlagerung so ausgebildet, daß sie sich bei rotierender Trommel leicht von der Oberfläche abheben und auf einem durch Aufsprühen erzeugten Ölfilm gleiten. Der Abstand zwischen Kopf und Schicht wird auf diese Weise automatisch konstant gehalten und beträgt 4,5 µ. Im Bild erkennt man rechts die auf der ganzen Trommellänge wirksame Ölzuführung. Das abfließende Öl wird in einer Wanne gesammelt und nach Filterung wieder verwendet.
Bei Versagen der Ölzufuhr wird die Trommel selbsttätig abgeschaltet. Der im Bild gezeigte Trommelkörper wird im Betrieb durch eine luft- und öldichte Haube geschützt.

Baueinheiten für digitale Anlagen

Transistorierter Magnetkernspeicher

Im Rahmen ihres Gebietes „Nachrichtenverarbeitung" entwickelte die *Siemens & Halske AG*, München, einen Magnetkernspeicher als Arbeitsspeicher für Rechenmaschinen. Durch die ausschließliche Verwendung von Transistoren ist der Magnetkernspeicher ein geschlossenes System von Festkörper-Bauelementen mit seinen bekannten Vorteilen. Der Speicher hat eine Speicherkapazität von 1000 Worten zu je 52 bit (Bild 1).
Zu jeder Speichereinheit gehört ein eigener synchronisierbarer Start-Stop-Generator und ein Pufferregister zur Serien- und Parallel-Umsetzung. Die Adressensteuerung ist für im „3-Exzeßcode" verschlüsselte Dezimalziffern ausgelegt. Der Speicherzyklus beträgt 14 µs, die Zugriffszeit 5 µs. Für die serienmäßige Tetraden-Eingabe bzw. -Ausgabe liegt die Pulsfrequenz zwischen 0 und 200 kHz.
Als aktive Bauelemente werden Transistoren in den Schaltkreisen einschließlich der Schreib- und Leseverstärker verwendet, wodurch eine hohe Betriebssicherheit bei geringem Leistungsverbrauch (ca. 300 VA) erreicht wird. Die Baueinheiten in geätzter Schaltung mit tauchgelöteten Verbindungen haben nur kleinste Abmessungen. Jeder Kernspeicherblock enthält 52 Kernspeicher-Matrizen mit je 1000 Ferrit-Ringkernen. Durch zahlreiche automatische Prüfvorgänge — wie Vollständigkeits- und Pseudotetraden-Kontrollen — wird der Ablauf des Ein- und Ausspeicherns überwacht.
Die Siemens & Halske AG liefert den neuen Magnetkernspeicher auch in Sonderausführungen für andere Codes, größere Speicherkapazitäten (2500, 5000, 10000 Worte) und höhere Pulsfrequenzen (bis zu 400 kHz) sowie für Parallel-Eingabe und -Ausgabe.

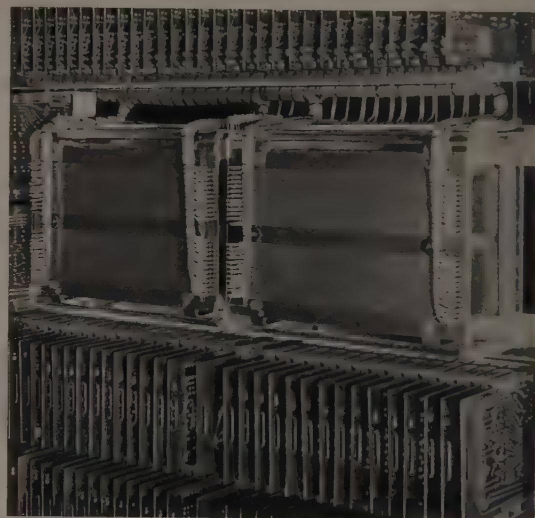


Bild 1.

Flachbaugruppen

Für logische Schaltungen, wie sie in der Schaltkreistechnik digitaler Anlagen Verwendung finden, liefert die Siemens & Halske AG, München, einheitliche Bauteile. Diese etwa postkartengroßen Flachbaugruppen (Bild 2) sind in geätzter Schaltung mit tauchgelöteten Verbindungen ausgeführt und stecken mit den an der einen Schmalseite herausgeführten Kontakten in Federleisten.
Eine Baueinheit enthält mehrere Gatterschaltungen in Transistortechnik, mit denen beliebig logisch-kombinatorische Aufgaben realisiert werden können. Das Zusammenschalten der einzelnen Gatter zu logischen Verknüpfungen geschieht an den Lötösen der Federleisten.



Bild 2.

Bemerkungen zum elektronischen Rechengerät X 1

Das elektronische Rechengerät X 1 der *N. V. Electrologica*, Den Haag, ist ein sehr schneller Digitalrechner, der mit Transistoren arbeitet (Bild 1). Intern benutzt diese Parallelmaschine das binäre Zahlensystem. Ihr Grundtakt beträgt 4 μs. Als Bauteile für die Speicher werden Ferritkerne verwendet. Ein Wort umfaßt 27 Bits, außerdem eine zusätzliche interne Kontrollstelle (Paritätskontrolle). Eingabe und Ausgabe erfolgen mittels Lochstreifen und Lochkarten. Die nachstehenden Bemerkungen sollen hauptsächlich die interne Befehlsgebung beleuchten.

1. Eingabe- und Ausgabeeinheiten

Lochstreifen-Lesegeräte (Ferranti), Lochstreifen-Stanzgeräte (Creed), eine Schreibmaschine (IBM) und ein Kartendoppler (Bull) sind anschließbar. Mitte Dezember 1958 sollen der aus einer Sortiermaschine (Bull) entwickelte Lochkarten-Schnelleser (42000 Karten/h) und später eine Tabelliermaschine (Bull) folgen. Von besonderer Bedeutung ist der Schnelleser, wenn große Datenmengen zu verarbeiten sind, wie z. B. bei Statistiken. Die Verwendung von Magnetbändern ist geplant.
Vorrangprogramme erlauben es, bei der Eingabe und Ausgabe von Daten die hohe Rechengeschwindigkeit weitgehend zu nutzen.

2. Speichereinheit

Die maximale Speicherkapazität beträgt $2^{15} = 32768$ Worte von 7- bis 8stelligen Dezimalzahlen. Der Speicher besteht aus zwei Teilen: Der „Aktivspeicher“ kann gelesen und beschrieben werden, während der „Totspeicher“ nur abgerufen, jedoch von der X 1 nicht geändert werden kann und daher der ideale Raum ist für Standardprogramme wie z. B. solche zur Konvertierung, zum Anschluß von Lochkartenmaschinen oder zur Durchführung von Sonderfunktionen.

3. Register- und Steuereinheit

Das sehr klar angeordnete Steuerpult (Bild 2) trägt Glimmlampen zur rein dualen Anzeige von Register- und Speicherinhalten, die auf der Schreibmaschine geschrieben werden können. Ein Handregister gestattet die Eingabe von Werten, wenige Schalter dienen als Funktionstasten. Ein schrittweiser Programmablauf ist möglich ebenso wie ein Ablauf von Stützstelle zu Stützstelle, vgl. 5.53.
Zwölf Register, auf die noch verwiesen wird, dienen zur Ausführung arithmetischer und logischer Befehle und ermöglichen es, die mit der eigentlichen Rechnung belegten Register ungestört zu lassen, wenn z. B. Entscheidungen zu treffen oder Adressenmodifikationen durchzuführen sind, was große Vorteile bietet: OZ Operationszähler, OR Operationsregister, A und S Akkumulatorregister, C Konditionsregister, LZ Register Letztes Vorzeichen, Ü Überlaufregister, ER Ergebnisregister, SPR Speicherregister, TH Taub-Hörend-Register, HE Hörerlaubnisregister, B Adressenänderungsregister.

4. Einteilung des Maschinenwortes

Das Maschinenwort der X 1 umfaßt 28 Bits, die Zahlen, Buchstaben oder einen Befehl darstellen können. Dabei dient die 28., höchste Dualstelle der Paritätskontrolle und die 27. bei Zahlen dem Vorzeichen. Mithin ist die für ein Wort größtmögliche Zahl $2^{26}-1$. Größere Zahlen werden in zwei benachbarten Speicherplätzen untergebracht. Bei einem Befehlswort bilden die höchsten 12 Dualstellen den Funktionsteil, die 15 niedrigsten den Adreßteil (bei einer Speicherkapazität bis zu 2^{15} Worten entspricht also die höchste Speichernummer $2^{15} - 1 = 32767$ der größtmöglichen Adresse).

5. Befehlsgebung

5.1 Relativ-Adressen

Sehr vorteilhaft ist die Möglichkeit, bis zuletzt mit relativen Adressen zu arbeiten, den Speicherplatz also erst zuletzt aufzuteilen. Jede Adresse setzt sich nämlich zusammen aus einer Zeilennummer, die kleiner als 32 ist (die Zeilen der Programmiervordrucke sind von 0 bis 31 numeriert), aus einer Seitennummer und aus zwei Paragraphenbuchstaben, die beliebig aus 13 Buchstaben kombiniert werden können. Jedem gewählten Buchstabenpaar wird erst am Ende der Programmierung eine Anfangsadresse zugeordnet, wobei die Anfangsadressen aller Paare mittels eines besonderen Lochstreifens vor dem Programm in die Maschine gespeichert werden. Hat man etwa für den Paragraphen *ET* die Anfangsadresse 0 *ET* 0 = 960 festgelegt, so errechnet die Maschine die Adresse 7 *ET* 12 (Zeile 7, Seite 12) zu $7 + 32 \cdot 12 + 960 = 1351$.
Für Unterprogramme, die bei verschiedenen Programmen verwendet werden, sind also nur die jeweils richtigen Paragraphen-Anfangsadressen einzugeben.
Feste Anfangsadressen haben nur die Paragraphen *X* (Anfangsadresse 0) und *D* (Anfangsadresse 24576 im Totspeicher).



Speicherschrank — Sortiermaschine (Ableser) — Doppler (Bull)
Steuereinheit — Lochstreifenleser, Stanzer, Schreibmaschine

Bild 1. X 1-Anlage für die N. V. Levensverzekeringmaatschappij „Ned. Nillmij van 1859“, Den Haag.



Bild 2.

5.2 *Schreibweise von Befehlen*

Ein Wort enthält einen Befehl, bestehend aus Funktionsteil und Adreßteil, der den Speicherplatz in verschlüsselter Form angibt, siehe 5.1. Nachfolgend soll nur der Funktionsteil interessieren, der aus fünf Spalten besteht:

konditionelle Varianten	Befehlskern		Varianten Adreßmod.	konditions-setzende Varianten
	Funktion	Adresse		
U, Y, N	z. B. 1 *S*	z. B. 7*ET*12	*A, B, C*	*P, Z, E*

5.3 *Varianten der Befehle*

Weite Möglichkeiten bieten die verschiedenen Varianten der drei Spalten. Jede Spalte kann höchstens eine Variante enthalten, jedoch können in einem Befehl verschiedenartige Varianten zusammen auftreten. So können Befehle zugleich konditionell und konditionssetzend sein. Wichtig ist dabei, daß alle Varianten in den Grundzyklus der Maschine eingebaut sind, also keine zusätzliche Maschinenzeit beanspruchen!

5.31 Die Varianten *P, Z, E* werden als konditionssetzende Varianten bezeichnet und fragen nach dem Ergebnis des Befehls: In den 1-Bit-Registern C und LZ werden die Antworten notiert.

Variante *P*: C und LZ erhalten das Vorzeichen des Ergebnisses,

Variante *Z*: C und LZ erhalten 1, wenn das Ergebnis $\neq 0$, sonst 0,

Variante *E*: C wird 0, wenn das Ergebnisvorzeichen dem alten in LZ gleicht, sonst 1.

Da die Inhalte von C und LZ bis zum nächsten konditionssetzenden Befehl erhalten bleiben, können mehrere konditionelle Befehle folgen!

5.32 Die Varianten *Y* und *N* werten als konditionelle Varianten vor Ausführung eines Befehles den Inhalt von C aus: Bei *Y* bzw. *N* wird der Befehl nur ausgeführt, wenn (C) = 0 bzw. 1 ist, sonst wird gesprungen.

5.33 Die Variante *A* (absolut) ermöglicht es, vielfach auf Konstantenspeicher zu verzichten (Ersparnis von Speicherraum)! Soll z. B. die Konstante 729 im Register S subtrahiert werden, so schreibt man 1 S 729 *A*.

5.34 Die Varianten *B* und *C* dienen mit dem Register B zur Adressenmodifikation: Bei beiden Varianten wird der Adreßteil des Befehls vor seiner Ausführung um den Inhalt von Register B erhöht, bei der Variante *C* wird zusätzlich auch der Befehl in seinem Speicherplatz entsprechend geändert.

5.35 Die Variante *U* tritt in Verbindung mit anderen Varianten auf und hat verschiedene Bedeutung: *U* läßt Sprungbefehle nur ausführen, wenn Register Ü = 1 und setzt dann Ü = 0.
Im Register ER werden alle Ergebnisse gebildet und dann befehlsgemäß an die jeweiligen Register weitergeleitet. Tritt *U* in Verbindung mit *P, Z* oder *E* auf, so unterbleibt dieses Weiterleiten, aber die Register C und LZ enthalten die Reaktionen auf *P, Z* oder *E*.

5.4 *Arithmetische Befehle*

Die Befehle für Addition und Subtraktion können auf die Register A, B und S angewendet werden. A und S verfügen über je 27 Bits und wirken bei Multiplikation und Division zusammen. Das Register B (16 Bits) ist sehr vorteilhaft für Adressenmodifikationen.
Besondere Beachtung verdient das Befehlspaar 4 *R* und 5 *R* mit der Bedeutung $\pm (R) + (n) \rightarrow n$. Hierbei wird der Inhalt des Speichers n um den des jeweiligen Registers vermehrt oder vermindert, ohne daß sich der ursprüngliche Registerinhalt verändert!

5.5 *Logische Befehle, Schiebe- und Normierbefehle, Sprungbefehle*

5.51 Befehle für *logische Addition und Multiplikation* stehen bereit in Verbindung mit den Registern A und S, in denen dann das Ergebnis steht: Bei der logischen Addition werden die Ergebnisbits = 0, wenn die homologen Bits im Speicher n und im Register A oder S gleich sind, sonst werden sie 1. Bei der logischen Multiplikation wird das Ergebnisbit nur 1, wenn die beiden entsprechenden Bits gleich 1 sind.
5.52 *Schiebe- und Normierbefehle* benutzen die Register A und S, weitere Registertransport-Befehle beziehen sich auf Transporte zwischen den Registern A, S und B untereinander.

5.53 Besondere Beachtung verdienen die *Sprungbefehle*.
Der Befehl 6 *T* n m wird als Unterprogrammsprung bezeichnet, er leitet ein Unterprogramm ein. Dabei ist n die Adresse, und die ganze Zahl $0 \leq m \leq 15$, die an Stelle der Varianten *A, B* oder *C* steht, bezeichnet die 16 Speicher mit den Nummern $m + 8$ und den Inhalten λ_m. Nun gelangt die Adressennummer n in das Register OZ, und in dem Speicherplatz $m + 8$ werden die Inhalte der Register HE, TH, C, LZ und Ü „konserviert", d. h. über das Unterprogramm hinweg gerettet. Außerdem gelangt in diesen Speicherplatz der um 1 erhöhte Inhalt von Register OZ vor Ausführung des Befehles, also die Adresse, die den nächsten Befehl enthält, die Rückkehradresse.
Die einfachen Sprungbefehle 0*T*, 1*T*, 2*T* und 3*T* ermöglichen den Sprung durch Verändern des Registers OZ um den Inhalt des Speichers n oder durch Ersetzen des Registerinhaltes durch den Inhalt von n. Mögliche Varianten sind *U*, siehe 5.35, *Y, N, A, B, C* und *P*, letzte Variante jedoch in anderer Bedeutung als unter 5.31, nämlich als „wiederherstellender" Sprung am Ende eines mit dem Befehl 6*T* eingeleiteten Unterprogrammes: Als Adresse des Befehls wird nun m angegeben. Dadurch wird der Inhalt λ_m wieder auf die Register HE, TH, C, LZ und Ü verteilt. Außerdem gelangt die Rückkehradresse in das Register OZ. Sollten während des Unterprogrammes Registerinhalte geändert worden sein (z. B. Anwendung der Varianten *P, Z* oder *E*), so werden diese wiederhergestellt. Da während des Befehles 6*T* im Speicher $m + 8$ auch die Stellung des Schalters „Stop nächste Adresse" („Stop" als 1 in Bit 26) notiert wurde, so hält die X 1 nach Ausführung des Unterprogrammes gegebenenfalls an, was sehr vorteilhaft ist für das Prüfen von Programmen.
Der Befehl 4*T* n m ist der Zählsprungbefehl vor allem für zyklische Programmteile: Die Adressennummer n gelangt in das Register OZ. Die ganze Zahl $0 \leq m \leq 7$ bezeichnet die 8 Zählspeicher mit den Nummern $m + 0$ und den Inhalten τ_m. Bei jeder Ausführung des Befehls wird der Inhalt τ_m um 1 vermindert. Die Varianten *P, Z* und *E* bedeuten Springen, wenn $\tau_m > 0$, $= 0$ und ≥ 0 ist. Die Varianten *A, B* oder *C* entfallen, an ihrer Stelle steht m. Für Variante *U* vergleiche man 5.35. Die Varianten *Y* bzw. *N* bedeuten Springen, wenn (C) = ja bzw. (C) = nein ist. Beispielsweise wäre der Befehl *N* 4*T* 7*ET*12 3 *Z*, vgl. auch 5.2, zu interpretieren als:

a) wenn Register C = ja, unterbleiben Zählung und Sprung,

b) wenn Register C = nein und $\tau_3 = 0$, zählen und springen nach Adresse 7 *ET* 12.

Mit diesem Befehl schrumpft die Anzahl der Programmschritte für Zyklen auf ein Mindestmaß zusammen, ohne Mehraufwand an Maschinenzeit.
Vor allem die Sprungbefehle und die Varianten zeigen, daß es bei der X 1 möglich ist, die Rechenregister bei logischen Entscheidungen nicht in Mitleidenschaft zu ziehen, und daß man hinsichtlich der Verwendung von Unterprogrammen sehr flexibel ist.

H.-W. Schäfer

Die elektronische Rechenanlage Z 22



Die Z 22 ist ein programmgesteuerter elektronischer Rechenautomat und wird von der Firma *Zuse KG* in laufender Produktion hergestellt.
Die Anlage besteht aus dem Leitwerk, dem Rechenwerk, dem Speicherwerk und der Ein- und Ausgabe.
Die Z 22 arbeitet nach dem Serienprinzip im reinen Dualsystem, d. h. alle Dualstellen einer Zahl bzw. eines Befehls werden hintereinander auf demselben Wege transportiert. Die Steuerung der Transporte und Umformungen dieser Worte erfolgt durch das Leitwerk, welches aus einem Schnellspeicher und zwei Flip-Flop-Registern besteht und geschieht durch Stromtore im Steuerregister (einer Gruppe von 32 Flip-Flops). Der Befehl gelangt über das Befehlsregister parallel in das Steuerregister. Das Rechenwerk enthält für die Elementaroperationen (Transporte von Zahlen, Additionen, Subtraktionen, Links- und Rechtsverschiebungen) ein Addierwerk und ein Komplementwerk, die beide an einen der Schnellspeicher, welche ohne Zugriffszeit zur Verfügung stehen, angeschlossen sind und damit zusammen den Akkumulator bilden.
Eine Zahl im Akkumulator kann um zwei oder eine Stelle nach links oder um eine Stelle nach rechts verschoben werden, was einer Multiplikation mit 4, 2 oder $^1/_2$ entspricht.
Die in der Anlage programmierten Grundprogramme bauen aus diesen elementaren Operationen die arithmetischen Operationen Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division usw. in gleitendem oder festem Komma auf. Zur Darstellung der Rufbefehle für die Grundoperationen dienen im Fernschreibcode die Zeichen +, —, ×, : usw.
In gleicher Weise können vom Benutzer Zeichen für beliebige Unterprogramme gewählt werden wie SIN, COS für Sinus- und Cosinus-Programme u. a.
Das Speicherwerk der Z 22 besteht aus einer Magnetspeichertrommel, die Zahlen, Befehle und andere Angaben als 38stellige Dualzahlen speichert. Die Magnettrommel enthält auf 256 Spuren, welche in 32 Sektoren unterteilt sind, 8192 Speicherzellen. Die Geschwindigkeit der Trommel beträgt 100 Umdrehungen pro Sekunde, was im Mittel 5 ms Zugriffszeit bedeutet. Eine besondere Numerierung der Plätze bewirkt, daß die Befehle bei einer Dauer von jeweils zwei Wortzeiten in der Reihenfolge ihrer Adressen ohne Wartezeit ausgeführt werden. Die Ein- und Ausgabevorrichtungen des Elektronenrechners sind übliche Fernschreibsende- und Empfangsgeräte, welche mit dem Rechner über Pufferspeicher verbunden sind, so daß während des Arbeitens der Ein- und Ausgabe gleichzeitig gerechnet werden kann. Zahlen, Befehle und Klartext werden von der Fernschreibmaschine aus über einen Lochstreifen im 5-Loch-Code eingegeben (Abtaster) und auf der Magnettrommel gespeichert.
Die Rechenresultate werden auf der FS-Maschine in beliebiger (programmierbarer) Anordnung ausgeschrieben und bei eingeschaltetem Locher in Lochstreifen gestanzt. Die Ein- und Ausgabevorrichtungen werden auch zur Lochstreifenherstellung, zum Kontrollieren, Kopieren und Ändern der Lochstreifen benutzt.
Im normalen Betrieb ist außer dem üblichen Ein- und Ausschalten keine weitere Bedienung des Automaten erforderlich. Im Bedienungspult sind Ein- und Ausschalter für die Stromversorgung und die Tasten für Start und Stop der Anlage untergebracht. Der jeweilige Inhalt des Befehlsregisters kann auf einem Lampenfeld abgelesen werden. Eine Gruppe von weiteren 38 Tasten ermöglicht die Einstellung der Befehlstexte und deren Übernahme in das Befehlsregister. Tasten für bedingten Stop und schrittweisen Ablauf des Programms erleichtern die Kontrolle, weitere Lampen geben das jeweilige Vorzeichen der Testspeicherinhalte, ferner Bedienungs- und Maschinenfehler bekannt.
Der Stellenbereich beträgt 38 Dualstellen; dies entspricht bei festem Komma etwa 11 Dezimalstellen. Werden bei gleitendem Komma 7 Dualstellen für den Exponenten benötigt, ergibt sich ein Zahlenbereich von 10^{+19} bis 10^{-20} mit einer Genauigkeit der Mantisse von fast 9 Dezimalstellen. Die Rechengeschwindigkeit beträgt für die organisatorischen Elementaroperationen ca. 1600/s. Für die sich darüber aufbauenden arithmetischen Grundoperationen im gleitenden Komma ergibt sich eine durchschnittliche Geschwindigkeit von ca. 20/s.
Zur Auflösung linearer Gleichungssysteme bei Verwendung des Gaußschen Algorithmus und Rechnung mit gleitendem Komma ergaben sich folgende Rechenzeiten:

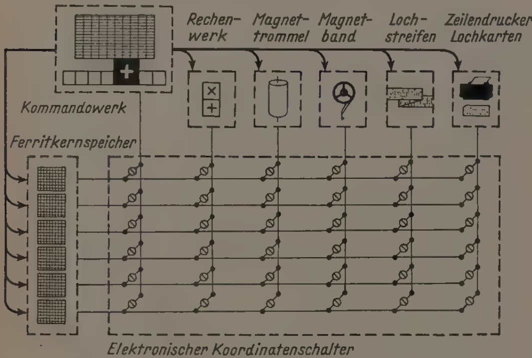
mit 10 Unbekannten	1 Minute
mit 40 Unbekannten	80 Minuten
mit 80 Unbekannten	600 Minuten

Treten in der Matrix des Gleichungssystems viele Nullen auf, reduziert sich die Rechenzeit erheblich; bei 44 Unbekannten mit mehr als der Hälfte Nullen betrug die Rechenzeit beispielsweise 50 Minuten.

Elektronischer Rechenautomat ER 56 mit Transistoren

Der von der *Standard Elektrik Lorenz AG* entwickelte ER 56 ist ein elektronischer, digitaler, programmgesteuerter Rechenautomat, der auch intern im dezimalen Zahlensystem arbeitet.
Die Systemstruktur des ER 56 ist gekennzeichnet durch den elektronischen Koordinatenschalter. Sie ermöglicht den gleichzeitigen Ablauf verschiedener Operationen nebeneinander und erlaubt, eine Anlage den jeweiligen Anforderungen entsprechend auszunützen.
Das Blockschema des ER 56 (siehe Bild) zeigt den grundsätzlichen Aufbau und das Zusammenwirken der wesentlichen Teile des ER 56. Der Ferritkern-Arbeitsspeicher besteht aus mehreren, voneinander unabhängigen Teilspeichern. Der elektronische Koordinatenschalter kann jeden dieser Teilspeicher mit jedem der übrigen „Werke" des ER 56 verbinden, und es können mehrere solcher Verbindungen gleichzeitig bestehen. Das Kommandowerk stellt die Durchschaltungen in den Kreuzungspunkten dar, es

steuert das Einhalten der richtigen Reihenfolge der Programmschritte und sorgt für den reibungslosen Arbeitsablauf. Auf diese Art können beispielsweise neben der eigentlichen Rechnung Blockübertragungen von und zu Magnettrommel- und Magnetbandspeichern sowie die verschiedenen Eingabe- und Ausgabeoperationen gleichzeitig und unabhängig voneinander ablaufen. Besondere Pufferspeicher sind hierzu nicht erforderlich, da die Teilspeicher des Arbeitsspeichers diese Funktion von Fall zu Fall übernehmen.
Weiterhin können die Art und Anzahl der Eingabe- und Ausgabegeräte, Speicherwerke und -kapazitäten einer Anlage den Aufgaben entsprechend zusammengestellt werden. So ist es möglich, die Ausstattung einer ER 56-Anlage ebenso gut auf die speziellen Anforderungen der wissenschaftlichen Rechnung wie auf die stark streuenden Bedingungen der kaufmännischen Datenverarbeitung abzustimmen. Auch die nachträgliche Erweiterung einer Anlage ist jederzeit möglich.
Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit werden von technischer Seite sichergestellt durch die ausschließliche Verwendung von *Transistoren* (es wird keine einzige Vakuumröhre benutzt), Germaniumdioden und magnetischen Speichern (Ferritkerne, Magnetschichten). Bei der Verschlüsselung der einzelnen Dezimalziffern ist durch den leicht prüfbaren (2 *aus* 5)-*Code* erreicht, daß bei allen Informationstransporten in der Maschine jede einzelne Dezimalziffer geprüft und damit jeder einzelne möglicherweise auftretende Fehler erkannt wird.



Kenndaten des ER 56

Wortlänge:	7 Dezimalstellen
Befehlsaufbau:	4 Stellen Adressenteil 1 Stelle Indexteil (9 Indexregister) 2 Stellen Operationsteil
Zahlenlänge:	sowohl 13 Stellen und Vorzeichen (Doppelwörter) wie auch 6 Stellen und Vorzeichen (Einzelwörter) bei Gleitkomma 11 Stellen Mantisse, Exponent ± 49, Befehle zum Programmieren höherer Zahlenlänge vorhanden.

Rechenzeiten

	festes Komma 6 Dez. + Vz.	festes Komma 13 Dez. + Vz.	gleitendes Komma Mantisse 11 Dez. + Vz.
Transport	0,14 ms	0,2 ms	0,2 ms
Addition	0,18 ms	0,3 ms	1 ms
Multiplikation[1]	0,2—0,6 ms	0,4—2,2 ms	0,6—2,2 ms

Alphanumerische Informationen werden intern durch Paare von Dezimalziffern und ein α-Kennzeichen in der Vorzeichenstelle dargestellt.

Ferritkern-Arbeitsspeicher	aus Teilspeichern für 200 und 1000 Wörter beliebig zusammenzustellen; max. 10000 Wörter
Magnettrommeln	Kapazität 12000 Wörter, Umdrehungszeit 20 ms
Magnetbänder	verschiedene Gerätetypen bis 2 Mio Wörter je Spule von 750 m Band, bis 9000 Wörter/s Übertragungsgeschwindigkeit
Lochkarten	Eingabe 400 Karten/min Ausgabe 100 Karten/min
Lochstreifen	Eingabe 400 Zeichen/s Ausgabe 50 oder 300 Zeichen/s
Druck	Zeilenschnelldrucker: bis 190 Stellen Druckwerksbreite, 15 Zeilen/s, 63 versch. Zeichen Mosaikdrucker: 150 Stellen Zeilenbreite, 100 Zeichen/s, 58 versch. Zeichen.

[1]) Nullen im Multiplikator werden übergangen.

Schnelldrucker für 600 000 Zeichen pro Minute

Gewisse Arbeitsprogramme elektronischer Datenverarbeitungs-Systeme liefern eine große Menge von Ausgangswerten, die möglichst ohne Zwischenspeicherung niedergeschrieben werden müssen. Die zu diesem Zweck verwendeten elektromagnetischen Drucker erweisen sich in vielen Fällen als zu langsam.
In Zusammenarbeit der Firmen *Stromberg-Carlson* und *Haloid Xerox Inc.* wurde daher ein weitgehend elektronisch arbeitender Schnelldrucker entwickelt, der 10000 Buchstaben oder Ziffern in der Sekunde zu Papier bringen kann. Bild 1 zeigt diesen „SC 5000 High-Speed Electronic Printer". Die Maschine enthält eine Kathodenstrahlröhre, in der die einzelnen Zeichenbilder ähnlich wie auf einem Fernsehschirm erzeugt werden, während der eigentliche Druckvorgang auf dem xerographischen Prinzip beruht. In Bild 2 ist in der Mitte rechts die xerographische Trommel zu sehen und halblinks darunter die Papiervorratsrolle; in der oberen Schrankhälfte ist die Kathodenstrahlröhre samt der optischen Umlenkvorrichtung untergebracht. Links befinden sich die Steuerschaltungen und unten die Stromversorgung.



Bild 1.



Bild 2.

In der Kathodenstrahlröhre, von der Herstellerfirma „Charactron" genannt, wird der Elektronenstrahl zunächst fokussiert und anschließend mit Hilfe zweier Plattenpaare auf eine kreisförmige Metallscheibe gerichtet. In diese Scheibe sind nach Art einer Matrix 8 × 8 = 64 „Typen" eingestanzt. Durch Anlegen geeigneter Gleichspannungen an das erwähnte Plattensystem kann der Strahl jeweils auf eines dieser Zeichen eingestellt werden. Ein zweites Ablenksystem ist der Typenscheibe nachgeordnet, wodurch der Strahl (dessen Querschnitt jetzt die Form des angesteuerten Zeichens aufweist) auf einen beliebigen Punkt des Bildschirms gerichtet werden kann. Ein starkes Magnetfeld beschleunigt endlich das Elektronenbündel, so daß ein Leuchtbild beträchtlicher Intensität entsteht.

Zur Ansteuerung der Typenscheibe, d. h. zur Auswahl eines bestimmten Buchstabens oder einer Ziffer, wird ein 7-bit-Code benutzt. Ein Digital/Analog-Converter wandelt 6 der in diesem Code ankommenden (beispielsweise von einem Digitalrechner gelieferten) Werte in Potentialdifferenzen um, die auf das Ablenksystem gegeben werden und derart den Strahl nach Breite und Höhe auf das gewünschte Zeichen der Typenscheibe einstellen.

Soviel zur Bilderzeugung. Ihren eigentlichen Namen als Schnelldrucker verdient die Apparatur aber erst durch die glückliche Einpassung der Charactron-Röhre von *Stromberg-Carlson* in den xerographischen Drucker der *Haloid Xerox Inc.* Hierbei handelt es sich um ein photoelektrisches Verfahren. Eine mit einer Selenschicht belegte Aluminiumtrommel wird zunächst positiv-elektrisch aufgeladen, was durch Koronaentladung geschieht (daher das im unteren Teil von Bild 2 zu sehende Hochspannungsaggregat). Trifft ein Lichtstrahl auf die geladene Oberfläche, so verliert die Schicht an dieser Stelle ihre Ladung. Die auf dem Bildschirm der Charactron-Röhre erscheinenden Zeichen werden nun durch ein optisches Umlenksystem auf die Trommel gegeben und erzeugen dort „Ladungsbilder", die man durch Aufstäuben eines Spezialpuders sichtbar machen kann. Dieser Puder läßt sich auf eine Papierbahn wie bei einem Druckvorgang übertragen. Durch eine einfache Wärmebehandlung brennt sich der Puder in das Papier ein, und das entstehende Schriftbild kann sofort anschließend gelesen werden.

Die Arbeitsgeschwindigkeit der Anlage (Papiertransport) beträgt 33 cm/s. Die Anzahl der in der Zeiteinheit ausgedruckten Typen ist natürlich abhängig von der Typenzahl pro Zeile, dem Zeilenabstand und der Typenhöhe. Alle drei Größen können in Grenzen variiert werden; die Zeilenlänge ist dagegen durch die Trommelabmessungen begrenzt (23 cm).

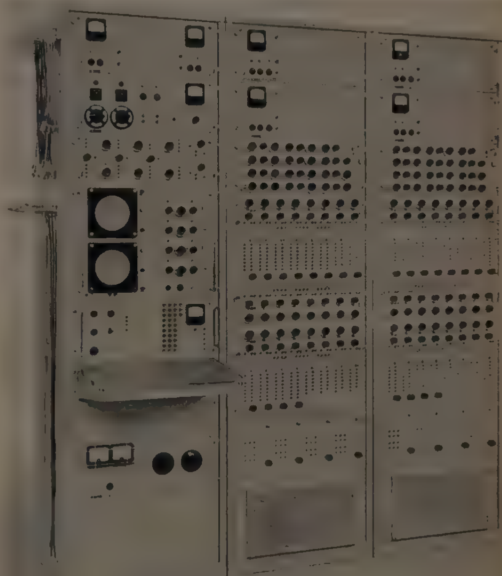
Als Standardkombination wird etwa folgende Einstellung angegeben: 100 Typen/Zeile, 3 Zeilen/cm — was bei der genannten Papiergeschwindigkeit eine Schreibleistung von ca. 600000 Zeichen/min ergibt. In diesem Fall liefert der Drucker ein Schriftbild, das ungefähr dem einer Perlschrift-Schreibmaschine gleicht.

Elektronischer Analogrechner

Der Analogrechner RA 463/2 der *Telefunken GmbH* ist ein vollelektronisches Gerät für repetierende Arbeitsweise. Die Rechenzeiten lassen sich zwischen 0,1 und 112 s kontinuierlich verändern. Nach Ablauf der Rechenzeit wird die Rechnung automatisch wiederholt. Zum Zwecke der fotografischen Aufzeichnung von Lösungskurven vom Schirm des Sichtgerätes kann der Rechenvorgang einmalig ausgelöst werden. Die Rechenanlage enthält sowohl lineare als auch nichtlineare Recheneinheiten mit hoher Komponentengenauigkeit, die ebenso wie die Zusatzgreäte in Einschubbauweise ausgeführt sind. Dadurch und durch die Aufgliederung des Rechners in einzelne Schrankeinheiten ist die Zusammenstellung verschieden großer Geräte möglich.

Der auf der Abbildung dargestellte Normalumfang enthält einen Anzeigeschrank und zwei Rechenschränke mit insgesamt 24 Integratoren, 8 Umkehrverstärkern, 8 elektronischen Multiplikatoren, 2 Funktionsgebern, 1 speziellen Funktionsgeber, 48 Koeffizientenpotentiometern, 1 Zeitgeber mit Kompensationsmeßeinrichtung, 1 Sichtgerät und Zusatzgeräten.

Die Programmierung des Gerätes geht ebenso zuverlässig wie übersichtlich mit kurzschlußsicheren Steckerschnüren vor sich. Programmänderungen können bei eingeschalteter Maschine durchgeführt werden, so daß eine sehr flüssige und bequeme Handhabung möglich ist. Für die qualitative und genaue quantitative Auswertung der Rechenergebnisse steht ein für den speziellen Anwendungsfall entwickeltes Doppelsichtgerät zur Verfügung. Der Anschluß elektromechanischer Schreiber ist möglich.



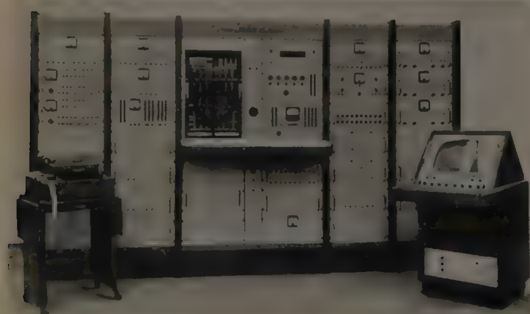
Die Analog-Rechenmaschine EASE 1100

Die Analog-Rechenmaschine hat in den letzten Jahren eine immer breitere Anwendung gefunden. Zunächst hauptsächlich Hilfsmittel der Flugzeugindustrie, dient sie heute der Untersuchung komplizierter Regelprobleme der chemischen Industrie und wurde zu einem unentbehrlichen Instrument für die moderne Kernreaktortechnik. Die Federung von Fahrzeugen, dynamische Vorgänge der Starkstromtechnik, selbst Forschungsaufgaben in der Biologie werden am Analogrechner studiert. Mit dieser außerordentlich raschen Vergrößerung der Anwendungsgebiete nahm auch die Weiterentwicklung der Maschinentechnik einen schnellen Aufstieg.

Der EASE 1100 der *Beckman-Berkeley* ist eine Neukonstruktion unter Verwendung langjährig erprobter Bauteile. Die wesentlichsten Leitgedanken, die seiner Entwicklung zugrunde lagen, sind folgende:

1. *Steigerung der Genauigkeit bis zur Grenze des derzeit technisch Möglichen.*
2. *Maximale Betriebssicherheit und Lebensdauer.*
3. *Größte Vielseitigkeit und Anpassungsfähigkeit an spezielle Aufgaben.*
4. *Kürzeste Programmierzeit und weitgehende Ausschaltung von Bedienungsfehlern.*

Die Genauigkeit des Analogrechners ist eine sehr komplexe Größe, und es ist praktisch unmöglich, eine Gesamt-Genauigkeit zu definieren. Wohl lassen sich aber die Genauigkeiten angeben, mit denen eine Einzeloperation, wie Summierung, Multiplikation usw., vorgenommen werden kann. Bei linearen Operationen, die mit gegengekoppelten Gleichspannungsverstärkern ausgeführt werden, treten bereits vier verschiedene Fehler auf. Betrachtet man die allgemeine Übertragungsfunktion der üblichen Verstärkerschaltung: $E_a = -(Z_r/Z_e)\,E_e$, so muß zunächst durch einen hohen Verstärkungsgrad A das Korrekturglied bedeutungslos klein gemacht werden, wozu ein $A = 5 \cdot 10^4$ ausreichend ist. Weiterhin kann die Ausgangsspannung verfälscht werden durch eine Driftspannung ε, die mit Hilfe eines Zerhackerverstärkers auf unter 100 µV pro Tag gebracht werden kann, ein Wert, der im Vergleich zum Arbeitsbereich von $\pm$ 100 V vernachlässigbar klein ist. Wesentlichen Einfluß hat jedoch die Genauigkeit der als Eingangs- und Rückkopplungsimpedanzen verwendeten Widerstände und Kapazitäten. Durch Verwendung speziell hergestellter Bauelemente ist es mit Hilfe eines sehr genauen Thermostaten ($\pm$ 0,3° C) möglich, beim EASE 1100 eine Präzision von 10^{-4} zu garantieren und eine typische Genauigkeit von $2 \cdot 10^{-5}$ einzuhalten. Die bislang genannten Fehler betreffen nun ausschließlich die statische Genauigkeit, wozu noch die Einflüsse der Eigenkapazitäten von Widerständen und Leitungen sowie der Frequenzgang des Verstärkungsfaktors auf das dynamische Verhalten betrachtet werden müssen. Für den im EASE 1100 einheitlich verwendeten Gleichspannungsverstärker 1048 B können folgende Daten angegeben werden: Verstärkungsfaktor: $1{,}2 \cdot 10^8$ bei Gleichspannung, 10^5 bei 10 Hz, 16 db/Dekade Abfall mit zunehmender Frequenz, Drift: 30 µV pro Tag, Rauschen: unter 6 mV_{ss}, wobei diese Angaben unabhängig sind von der Aussteuerung. Für das dynamische Verhalten bedeuten diese Werte, daß die Genauigkeit bei 10 Hz noch 10^{-4}, bei 100 Hz noch $4 \cdot 10^{-3}$ beträgt.



Erheblich kompliziertere Verhältnisse liegen bei den elektronischen Multiplikatoren vor, da hier keine einheitliche Definition der Genauigkeit zugrunde gelegt werden kann. Neben der Drift tritt noch ein statischer Fehler auf, der von der Amplitude nicht unabhängig ist. Selbstverständlich ist es wünschenswert, auch bei den elektronischen Multiplikatoren eine möglichst große Bandbreite zu erreichen, was allerdings nur auf Kosten der statischen Genauigkeit geschehen kann. Deshalb wurde der Multiplikator 1157 mit umschaltbarer Bandbreite ausgestattet. Dieses Gerät hält folgende Spezifikationen ein:

Statische Genauigkeit: 0,02% (einschließlich Linearitätsfehler), dynamische Genauigkeit: 1% bei 30 Hz, bzw. 0,75% bei 100 Hz entsprechend der Bandbreite-Umschaltung. Diese Angaben schließen Amplituden- und Phasenfehler ein. Drift: 20 mV pro Tag, Rauschen: max. 50 mV.

In diesem Zusammenhang erscheint es wesentlich, daß alle Spezifikationen auf Messungen am Steckbrett unter Einschluß der gesamten Verdrahtung bezogen sind und unabhängig von der Größe einer Installation sind. Diese Betrachtungen über die Genauigkeit der einzelnen Operationen wären unvollständig, wenn eine sehr wesentliche Einflußgröße, die Schaltzeit der Relais, unberücksichtigt bliebe. Die Streuung der Schaltzeiten aller Relais, die einen Rechenvorgang starten oder anhalten, ist kleiner als 25 µs! Der Einfluß dieser Streuung wird meist unterschätzt, obwohl Zeiten von 10 ms und mehr zu sehr erheblichen Fehlern führen können.

Bei Anlagen, die meist viele hundert Röhren enthalten, muß der Betriebssicherheit größte Aufmerksamkeit geschenkt werden. Schaltungstechnische Maßnahmen, Langlebensröhren und vor allem eine gute Kühlung sind die hauptsächlichen Maßnahmen, um einen möglichst wartungsfreien Betrieb zu gewährleisten. Leichte Zugänglichkeit der einzelnen Bauteile, eingebaute Prüfschaltungen und die Verwendung einheitlicher Bauteile sind eine erhebliche Erleichterung für die Instandhaltung der Maschine. So wird im EASE 1100 nur ein einziger Verstärkertyp 1048 B, der als Einsteckeinheit ausgeführt ist, für Multiplikatoren, Funktionsgeneratoren, Referenznetzteil und als Rechenverstärker verwendet. Auch alle anderen Komponenten des Rechners sind einzeln oder in Gruppen als Einsteckeinheiten ausgeführt. Durch dieses konsequente Baukastensystem können Anlagen fast willkürlich zusammengestellt werden; die Teile sind leicht auswechselbar, und ihre Anordnung innerhalb einer Installation ist nahezu beliebig. Hierdurch ist höchste Wirtschaftlichkeit bei der Zusammenstellung einer individuellen Anlage garantiert.

Die Aufgabenstellungen an den Analogrechnern werden immer komplizierter und der erforderliche Aufwand an Rechenelementen zunehmend größer. Hinzu kommt noch, daß in der Industrie die Rechenmaschine meist an zentraler Stelle mehreren Arbeitsgruppen zu dienen hat. Aus diesen Gründen gewinnen Maßnahmen zur Verkürzung der Programmierzeit an Bedeutung. Im EASE 1100 findet ein außerordentlich schnelles und sicheres System zur Einstellung der Koeffizienten Verwendung, welches noch durch das DO/IT-System zur vollautomatischen Einstellung, Kontrolle und Ablesung von Potentiometern und Verstärkern von einem Lochband aus erweitert werden kann. Eingänge und Ausgänge dieses Systems sind digital und könnten z. B. mit einem Digitalrechner verbunden werden. Um Bedienungsfehler zu vermeiden, müssen alle zu einem Problem gehörenden Schaltungen und speziellen Befehle ausnahmslos auf dem Steckbrett programmiert werden, so daß

bei Verwendung des DO/IT-Systems eine Aufgabe vollständig durch das betreffende Steckbrett und den zugehörigen Lochstreifen bestimmt ist. Für eine schnelle Durchprüfung der Anlage und des gesteckten Programms sind zudem serienmäßig Prüfschaltungen vorgesehen. Diese Vorzüge der EASE 1100 bedeuten eine sehr erhebliche Zeitersparnis für das Programmieren und eine wesentliche Verminderung der Möglichkeiten für Bedienungsfehler oder fehlerhafte Einstellungen. Zusätzlich ergibt sich noch die Möglichkeit, mit Hilfe des DO/IT-Systems den EASE 1100 unmittelbar mit einem Digitalrechner zu koppeln.

Diese kurze Beschreibung des EASE 1100 kann nur eine Einführung geben in die wichtigsten Gesichtspunkte für die Konstruktion der modernsten Analog-Rechenmaschine. Viele Fragen, besonders im Zusammenhang mit der Genauigkeit, dem DO/IT-System und eine Reihe spezieller Bauteile sind nicht erwähnt und werden später eingehender behandelt.

H. M. Mertens

Erster Transistor-Rechner der IBM

In steigendem Maße findet der Transistor als Bauelement in nachrichtenverarbeitenden Anlagen Verwendung. Auch die IBM gab vor kurzem die Neuentwicklung einer Maschine bekannt, die ausschließlich mit Transistoren arbeitet und die in der Größenordnung zwischen der IBM 650 und der IBM 704 liegt (Bild 1).

Die Recheneinheit dieser IBM 7070 besteht aus drei zehnstelligen Akkumulatoren und aus 99 Einwortregistern für Adressenmodifikation. Als Speichereinheit ist ein Kernspeicher für 5000 oder 10000 zehnstellige Worte + Vorzeichen vorgesehen; die Zugriffszeit für ein Wort beträgt 6 µs. Code: biquinär.

Ferner läßt sich der Magnetplattenspeicher IBM 7300/1 anschließen, der 600000 Worte mit je 10 Ziffern (10000 Spuren à 60 Worte) aufnehmen kann.

Die Programmierung der Maschine geschieht nach den bewährten Systemen „Autocoder" und „Fortran".

Bei der Eingabe über Lochkarten können 400 Karten pro Minute abgetastet werden. Außerdem lassen sich bis zu 12 Magnetband-Leseeinheiten (7 bit-Code) anschließen, wobei die Lesegeschwindigkeiten zwischen 15000 und 62500 Zeichen pro Sekunde variieren.

Die maximale Ausrüstung der gesantem IBM-7070-Anlage zeigt Bild 2.



Bild 1. Transistor-Rechenanlage IBM 7070.

Bild 2.

Steuerpult mit Schreibmaschine 7150
Abfrage-einheit 7900
Max. 10 Einheiten
Abfrage-einheit 7900
Karten-abfühler 7500
Karten-abfühler 7500
Karten-abfühler 7500
Eingabe-Ausgabe-Puffer 7603
Kartenstanzer 7550 oder Drucker 7400
Kartenstanzer 7550 oder Drucker 7400
Kartenstanzer 7550 oder Drucker 7400
Max. 3 Einheiten in Kombination
Eingabe-Ausgabe-Steuerung 7600
Recheneinheit 7601
Kernspeicher 7301 5000 oder 10000 Worte
Steuereinheit für Kernspeicher 7602
Kanal 1 Kanal 2
Steuereinheit Magnetband 7604
Steuereinheit Magnetplattenspeicher 7605
0729
0729
Max. 6 Magnetband-Einheiten Modell II oder IV
Max. 6 Magnetband-Einheiten Modell II oder IV
0729
0729
Magnet-platten-speicher 7300
Magnet-platten-speicher 7300
Magnet-platten-speicher 7300
Magnet-platten-speicher 7300
Max. 4 Einheiten

Elektronische Großrechenanlage für Lochkartenverarbeitung

Der Univac Calculating Tabulator (UCT) der *Remington Rand* ist eine lochkartenverarbeitende elektronische Rechenanlage, in der Kartenabfühl- und Locheinheit, Magnettrommelspeicher, Rechengerät und Schnelldrucker unmittelbar zusammenarbeiten. Während bisher verschiedene Vorgänge wie Doppeln, Vergleichen, arithmetische und logistische Operationen sowie das Schreiben alpha-numerischer Begriffe räumlich und zeitlich getrennt auf verschiedenen Maschinen ausgeführt wurden, gestattet die UCT, mehrere derartige Operationen mit einmaliger Karteneingabe zu erledigen.
Für die Eingabe von Lochkarten stehen zwei Geräte zur Verfügung: einmal das Schnell-Lesegerät mit einer Abtastgeschwindigkeit von max. 27000 Karten pro Stunde und zum anderen die Abfühl-Loch-Einheit, die bis zu 9000 Karten in der Stunde abfühlen und lochen kann. Der Schnelleser verfügt über ein Zufuhrmagazin und drei Kartenablagen, die Abfühl-Loch-Einheit hat ein Zufuhrmagazin und zwei Kartenablagen. Beide Geräte sind mit je zwei Abfühlstationen ausgerüstet, was eine Kontrolle der Abfühlung bzw. Lochung ermöglicht.
Als Ausgabeeinheit dient ein Schnelldrucker, der in seinem mechanischen Teil eine Weiterentwicklung des Schnelldruckers der UNIVAC FAC-TRONIC darstellt. Schriftbildanordnung und Druckvorgang werden vom Programm her gesteuert. Ein Pufferspeicher mit über 130 alphanumerisch zu belegenden Stellen erlaubt das Ausdrucken von Daten, während das Programm weiterläuft. Die max. Druckgeschwindigkeit beträgt 600 Zeilen/min.
Alle drei Ein- und Ausgabeeinheiten stehen direkt mit dem zentralen Rechengerät in Verbindung und arbeiten unabhängig gemäß Programm.
Das Programm für die UCT wird in einen Kartensatz gelocht und durch Einlesen dieser Karten auf der Magnettrommel gespeichert.
Kernstück der Anlage ist die röhrenlose Recheneinheit, in der neben Transistoren und Dioden weitgehend Magnetverstärker Verwendung finden. Das Rechengerät enthält außer seinen Steuerschaltungen den Magnettrommelspeicher, dessen Kapazität 5000 Worte zu je 10 Stellen zuzüglich Vorzeichen beträgt. Von den 5000 Worten sind 1000 auf Schnellzugriffskanälen untergebracht. Die durchschnittliche Zugriffszeit beträgt hier nur 0,425 ms, während für die normalen Speicherplätze 1,7 ms im Durchschnitt angegeben wird. Die Trommel enthält außerdem zwei Impulsbahnen für die Taktgeber, ferner einen Adreßkanal, der den Zeitsignalgenerator speist und gleichzeitig die Adressierung der Speicherplätze überwacht. Schließlich sind zwei weitere Kanäle auf der Trommel als Pufferspeicher für die Ein- und Ausgabegeräte vorgesehen.
Bemerkenswert ist die bereits genannte Verwendung von Magnetkernen im arithmetischen Teil der UCT: diese sogenannten *Ferractoren*, bestehend aus einer Molybdän-Permalloy-Legierung, zeichnen sich durch sehr kurze Schaltzeiten und hervorragende magnetische Eigenschaften aus. Sie bestehen aus einem dünnen Ring aus antimagnetischem Stahl von etwa 3 mm Außendurchmesser, um den eine Molybdän-Permalloy-Folie von $^{3}/_{1000}$ mm Dicke gewikkelt ist.
Der Grundtakt der Rechenanlage kann mit diesen Bauelementen 707 kHz betragen.
Als Operationszeiten werden für die Addition 0,085 ms, für die Multiplikation zwischen 0,255 und 1,790 ms und für die Stellenverschiebung um eine Stelle 0,068 ms angegeben.



Digitalrechner in neuartiger Bauweise

Der LGP-30-Digitalrechner, hergestellt in Deutschland von der Firma *Schoppe & Faeser GmbH*, Minden, und vertrieben von der *Royal McBee GmbH*, Frankfurt, ist eine Einadressenmaschine mit festem Komma und gespeichertem Programm, die rein dual in Serie arbeitet. Die Informationen werden dezimal eingegeben, und auch die Ausgabe ist dezimal; die Umwandlung geschieht durch ein auf der Magnettrommel des Rechners gespeichertes Unterprogramm.
Die äußere Form wie der technische Aufbau des LGP-30 gehen völlig neue Wege; die Maschine ist nicht größer als ein Schreibtisch und läßt sich bei einem Gewicht von 365 kg leicht transportieren (Bild 1). Sie ist mit einer eigenen Gebläsekühlung ausgerüstet und bedarf keiner zusätzlichen Klimaregelung. Alle witterungsempfindlichen Teile sind gekapselt untergebracht.
Der Rechner arbeitet intern mit 30stelligen Dualzahlen plus einer Stelle für das Vorzeichen. Negative Zahlen werden durch ihr Komplement dargestellt. Als Zugriffszeit werden 2—15 ms angegeben, als Multiplikations- und Divisionszeit 15 ms (ohne Zugriffszeit).
Eine Magnettrommel (Bild 2) mit 4000 U/min dient als Speicher. Von ihren 70 Spuren sind 64 als Hauptspeicher gedacht, der damit eine Kapazität von 4096 Worten aufweist. Drei Spuren sind „Umlaufspeicher": der Akkumulator, der die Operanden und Zwischenergebnisse zeitweilig speichert; das Befehlsregister, das die auszuführenden Befehle festhält; und das Zählregister, das die Adresse des



Bild 1.

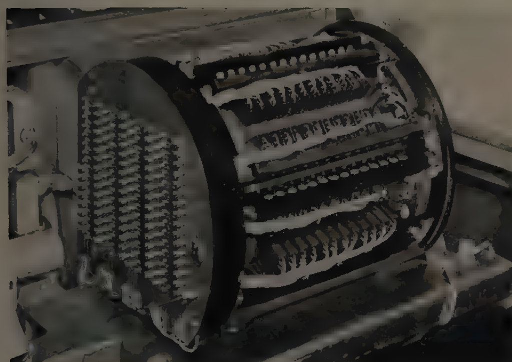


Bild 2.

nächsten Befehls angibt. Auf drei weiteren Spuren sind die Taktsignale untergebracht, die zur Markierung der Trommelpositionen dienen.
Eine mechanisch aufgebrachte Spur gibt den Grundtakt der Maschine an (137 kHz). Die Breite der Magnetspuren beträgt 1 mm, der Abstand zwischen zwei Spuren 2 mm, die Schreibdichte 4 bit/mm, der Kopfabstand zur Trommel ca. 25 μ.
Die LGP-30 enthält als Bauelemente 113 Röhren und 1350 Germaniumdioden in gedruckter Schaltung (Einschübe) und verbraucht bei Normalbetrieb 1500 Watt (220 V, 50 Hz, einphasig). Als Ein- und Ausgabe dient eine elektrische Schreibmaschine mit Lochstreifenabtaster, Streifenlocher und Normtastenfeld zur manuellen Bedienung. Auch während der Rechenautomat arbeitet, kann ein Lochstreifen gestanzt werden. Für die Lese- und Schreibgeschwindigkeit werden 10 Anschläge/s angegeben.
Das Bedienungsfeld der Rechenmaschine besteht aus einer Anzahl Leuchttasten und einer oszillographischen Anzeige, wodurch der jeweilige Inhalt des Zählregisters, des Befehlsregisters und des Akkumulators abgelesen werden kann.

Der Elektronenrechner führt einen Befehl aus der angegebenen Befehlsliste in vier Arbeitsgängen aus:

Phase 1: Das Zählregister bestimmt die Position im Hauptspeicher, in der sich der Befehl befindet. Die Spur wird ausgewählt, und bei Erreichen der betreffenden Zelle wird ein Koinzidenzsignal gegeben.

Phase 2: Der Befehl wird vom Hauptspeicher in das Befehlsregister übertragen, gleichzeitig wird im Zähler eine 1 addiert.

Phase 3: Der Operand, der durch die Adresse im Befehl bestimmt ist, wird im Hauptspeicher gesucht. Der zweite Operand befindet sich bereits im Akkumulator als das Ergebnis vorausgegangener Befehle.

Phase 4: Der Rechenautomat führt die Operation aus, wie es im Befehl angegeben ist.

Durch die besondere Anordnung der Speicherzellen auf der Trommel wird es dem Programmierenden leicht gemacht, die Zugriffszeiten klein zu halten. Da das Rechenprogramm auf der Trommel gespeichert ist, können Teile davon durch Befehlsumrechnung ohne weiteres abgeändert werden. Auf diese Weise wird die Flexibilität der Anlage beträchtlich vergrößert.

Befehlsliste des LGP-30
(m steht für den Adressenteil des Befehls).

	Befehl
B m	Füllen aus Speicher
A m	Addieren
S m	Subtrahieren
M m	Multiplizieren, 1. Hälfte halten
N m	Multiplizieren, 2. Hälfte halten
D m	Dividieren
H m	Speichern und Behalten
C m	Speichern und Löschen
Y m	Adressenersatz
R m	Adressenrückkehr
E m	Logisches Produkt
U m	Unbedingter Sprung
T m	Bedingter Sprung
I	Eingabe
P	Ausgabe
Z t	Halt

Buchbesprechungen

Harry St. Goode und Robert E. Machol: System Engineering (An Introduction to the Design of Large-scale Systems). McGraw-Hill Book Company, Inc., New York 1957, 551 S.

Für die Gebiete Nachrichten-Verarbeiten, Regelungstechnik und Vermittlungstechnik (was als ein hochspezialisierter Zweig der Nachrichtenverarbeitung zu betrachten ist), die alle der Automatisierung dienen, ist es charakteristisch, daß sie sich sämtlich auf „große" Systeme beziehen. Derartige Systeme sind z. B. das Fernsprechnetz eines Staates, das Flugbuchungsnetz einer Luftverkehrsgesellschaft, ein Verkehrsregelungs-System in einer Stadt oder im Luftraum eines Staates oder aber ein Digitalrechner für mathematische Zwecke oder zur Steuerung einer Verwaltung oder einer Fertigung.
Aber wie allein durch gute Bauelemente für ein Gerät die Güte des Geräts noch nicht garantiert ist, genau so ist die Güte eines Systems noch nicht durch die Güte der Geräte garantiert. Für den Entwurf großer Systeme ist es offenbar sehr viel verwickelter als für Geräte, Richtlinien zu gewinnen, um das System optimal zu entwerfen. Jedes der genannten Gebiete hat sich aber selbstverständlich irgendwie helfen müssen, und manche haben ihre eigenen Grundsätze schon sehr weit entwickelt. Es erscheint daher äußerst verdienstvoll, daß die Verfasser des vorliegenden Buches versucht haben, für das Problem der großen Systeme in den verschiedenen Bereichen eine umfassende Betrachtungsweise zu gewinnen, einen Einblick in die technischen Methoden und eine gründliche Darstellung der sehr verschiedenartigen mathematischen Behandlungsmethoden zu geben.
Im ersten Teil sind die grundlegenden Gedanken unter „Komplexheit", „Große Systeme", „Integrierter System-Entwurf" dargestellt.
Die beiden folgenden Teile beschäftigen sich mit dem „äußeren System-Entwurf", und zwar enthält der zweite Teil eine Darstellung der Wahrscheinlichkeitstheorie, während der dritte Teil der Gewinnung der Daten, den mathematischen Modellen, Operations research, der Monte-Carlo-Methode, der System-Analyse gewidmet ist.
Die Teile 4 und 5 behandlen dann den „inneren System-Entwurf", wobei in Teil 4 über die Rechenmaschinen als das angemessene technische Mittel berichtet wird. Schaltkreistechnik, Speicher, Ein- und Ausgabe, Programmierung, Analog/Digital-Umsetzer und Analogrechner erfahren eine für den zur Verfügung stehenden Umfang ausgezeichnete Darstellung. Der umfangreichste Teil, 5, ist schließlich dem eigentlichen inneren System-Entwurf gewidmet. Die Klassifizierung der Systeme geht hierbei von drei verschiedenen Gesichtspunkten aus: 1. das Verhalten des Systems gegenüber Daten-Eingabe an einem einzigen Eingang, 2. das Verhalten des Systems bei statistisch wirkenden Eingangsdaten (Verkehrstheorie), 3. Verhalten von Systemen, die wirtschaftlichem oder militärischem Wettbewerb oder Kampf dienen (Spiel-Theorie, Operations Research, Linear-Programming). Hier werden in dem Buch behandelt Informationstheorie, Verkehrstheorie, Theorie der Spiele, Operations Research, Linear Programming, Regelungstheorie, Kybernetik, Zeichenerkennung und dgl. Bei der Breite dieser Gebiete wird der Leser dankbar sein, daß die Verfasser es vermieden haben, umfangreiche Literatursammlungen zu geben, sondern daß sie bewertend den Leser nur auf wertvolle Literatur hinweisen oder zuweilen sogar das Fehlen vermerken.

Die Dinge sind im Fluß

Bekanntlich dient die Automatisierung unserer Fabriken und Büros dem Menschen, indem sie ihn von allerlei mühseligen Tätigkeiten erlöst. Das steht in jeder Zeitung, und wer zu Spekulationen neigt, wird gerne daran glauben. Jene seit rund fünfzehn Jahren unter uns weilenden Geschöpfe, von dem Mann auf der Straße schlicht „Elektronengehirne" genannt, sind immerhin aus den Kinderschuhen heraus und haben Vielversprechendes gelernt.
Gesetzt den Fall, daß also wirklich eine groß angelegte Befreiungsaktion des monoton beschäftigten Menschen hier und heute ihren Anfang nimmt — *eine* Gruppe wird davon jedenfalls nicht betroffen: die Leser dieser Zeitschrift. Selbst wenn Name und Adresse des letzten Erdbewohners in eine Lochkarte gestanzt oder auf einem Magnetband gespeichert sind und elektronisch verarbeitet werden, wenn jede Spielzeugeisenbahn programmgesteuert fährt und aus der Welt gewissermaßen ein einziges „Large-Scale System" geworden ist — selbst dann wird die genannte Gruppe nicht auf Arbeitszeitverkürzung zu hoffen haben. Im Gegenteil! Denn wer soll die Maschinen bauen? Wer soll programmieren? Wer soll mit ihnen umgehen?
Sie, verehrter Leser! Sie und niemand sonst.
Hier hätten wir also die Kehrseite der Medaille. Während sich die Mehrheit auf den allgemeinen Feierabend vorbereitet, sehen *Sie* die Probleme täglich komplizierter werden. Was so harmlos mit dem Entwurf einfacher Rechenschaltungen begann — niemand hatte ehedem etwas anderes im Sinn als maschinelles Rechnen und Sortieren (!) — schwoll zu ungeahnter Breite an, wächst heute emsig in die Tiefe, und wenn man es in seiner ganzen ausgedehnten Bedeutung erfassen will, so ist es reichlich viel für einen Mann.
Hat jemand sich mühsam an dem logischen Gerüst einer einzelnen Maschine hochgerankt, weiß er noch lange nichts vom Programmieren. Lernt er letzteres, so kennt er sich wieder mit der Hochfrequenztechnik nicht aus. Hat einer gar alle drei Disziplinen — die mathematische Logik, die Kunst des Programmierens und die Schaltkreistechnik — im Kopf, was selten ist, wird er einem Vortrag über Hirnstammfunktionen dennoch kaum folgen können; während sich, andererseits, die Physiologen und die Psychologen bekanntlich sehr schwer tun, wenn etwa von lernenden Maschinen oder überhaupt von Maschinen die Rede ist. Unterhielt man sich in Fachkreisen gestern noch über die Nützlichkeit der Booleschen Algebra beim Entwurf von Schaltungen, so spricht man in denselben Kreisen heute über „Compiler" oder — noch moderner — über die bei der Zusammenschaltung mehrerer Maschinen entstehenden „höheren" Netzwerke, gewissermaßen also von einer „Computer-Soziologie".
Mit einem Wort: die Dinge sind im Fluß, und die Flut geht hoch. Obendrein herrscht schlechte Sicht. Wie soll man sich orientieren?

Die Autoren haben die teilweise recht schwierigen Gebiete mit großem Geschick dargestellt und hiermit ein Grundlagenbuch im besten Sinne für einen technischen Bereich geschaffen, dessen Kennzeichen eben die Weitgespanntheit und Komplexheit ist. Ein sehr nützliches und sehr anregendes Buch. *H. Kaufmann*

H. Zemanek: Elementare Informationstheorie. Verlag R. Oldenbourg, Wien und München 1959, 120 Seiten.

Das Buch stellt sich die Aufgabe, auf möglichst elementarer Grundlage eine Einführung in die Grundbegriffe und Probleme der Informationstheorie zu geben; es gliedert sich in vier Kapitel.

Das erste Kapitel bringt die Grundlagen: das logische Netz, die Messung der Information und die optimale Basis für die Gruppierung. Das zweite Kapitel behandelt die Information als statistischen Vorgang; der Begriff des Informationsgehalts und die zweckmäßigste Codierung werden erläutert. Das dritte Kapitel befaßt sich mit der statistischen Zuordnung zweier Zeichenserien, beispielsweise am Eingang und Ausgang eines gestörten Übertragungskanals; der Begriff der Kanalkapazität wird erläutert, und ein Beispiel eines fehlerkorrigierenden Code wird gegeben. Das vierte Kapitel behandelt den Informationsgehalt kontinuierlicher Signale, insbesondere solcher mit Gaußscher Amplitudenverteilung, und die Übertragung dieser Signale über einen durch Rauschen gestörten Kanal. Schließlich wird die Quantisierung der Signale im Zeit- und Amplitudenbereich beschrieben und als Anwendungsbeispiel die Pulscodemodulation.

Für das Studium des Buches vorausgesetzt werden die Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung und der Kombinatorik. *G. Bosse*

Automation in Business and Industry. Herausgegeben von E. M. Grabbe. Verlag: J. Wiley and Sons, Inc., New York 1957, 611 Seiten.

Das Buch ist eine erweiterte Wiedergabe einer von der Universität von Kalifornien 1955 veranstalteten Vortragsreihe, in der führende amerikanische Techniker über alle mit der Automatisierung zusammenhängenden Fragen berichteten. Das Ziel war, zu zeigen, daß Regelungstechnik, Meßtechnik, Analog- und Digitalrechner und Datenverarbeitung zu einem zusammenhängenden Gebiet zusammenwachsen. Naturgemäß ist es in diesem Zustand schwierig, ein geschlossenes Bild dieses außerordentlich weit gespannten Gebietes zu geben. Daher kann der Wert des Buches wohl nicht so sehr an der Behandlung der einzelnen Gebiete gemessen werden, für die in jedem Fall schon gute Darstellungen vorliegen, sondern der Wert liegt mehr darin, die Gesichtspunkte der verschiedenen Verfasser zur Frage der Automatisierung kennenzulernen.

Im einzelnen werden behandelt: Regelungstheorie (Chestnut, GE), Instrumentierung von Regelungssystemen (Ziebolz, Askania), Analogrechner, Digitalrechner, Datenverarbeitung (Mauchly, Remington Rand), Anwendung der Datenverarbeitung (Hurd, IBM), Analog/Digital-Umsetzer (Benson und G. G. Bower), Ein- und Ausgabegeräte (W. F. Bauer, R-W-Corp.), Automatische Flugsteuerung, Automatische Fertigung elektronischer Geräte (Lee, General Mills), Prozeß-Steuerung in Öl- und chemischer Industrie (Laspe, Shell Oil), Analogrechner in industriellen Regelungssystemen (Harder, Westinghouse), Digitale Steuerung von Werkzeugmaschinen (J. L. Bower, North Am. Aviation). Mit zwei Aufsätzen von Shallenberger (Stanford Univ.) und D. Wooldridge über die wirtschaftlichen Gesichtspunkte bzw. die Zukunft der Automation schließt das Buch. *H. Kaufmann*

Beispielsweise durch Lesen! In einem glänzend geschriebenen Buch über elektronische Rechenmaschinen findet sich die altbekannte Preisfrage, wieviel Brombeeren wohl an einem Tage gemeinsam von einem Jüngling und einer Maid gepflückt würden, wenn die Tagesleistung des Mädchens allein 9 Pfund und die des Jungen allein 10 Pfund betrage. Die Antwort ist trivial, und das Lächeln, von dem sie begleitet ist, rührt von unserer Kenntnis anderweitiger Zusammenhänge, die in der Frage nicht sichtbar enthalten sind. Eben darauf will der Verfasser hinaus. Die Schwierigkeit, kaufmännische Aufgaben für eine Maschine zu programmieren, mag in der Tat darin liegen, daß auch hier oft genug „anderweitige Zusammenhänge" eine Rolle spielen, die sich nur sehr schwer explizit ausdrücken lassen. Entweder unterwirft sich nun der Kaufmann den strengen Regeln des Kalküls, oder die Entwicklungsingenieure bauen Maschinen, die eine „Kenntnis anderweitiger Zusammenhänge" bereits in sich haben — man wird sehen. Was aber das erwähnte Buch angeht, so ist es, obwohl in manchen Teilen schon wieder veraltet, jedem wärmstens zu empfehlen: *Faster than Thought*, edited by *B. V. Bowden*, Pitman & Sons Ltd., London 1953. Auf rund 400 Seiten liefert es eine vielleicht nicht immer ganz strenge, aber durch ihren klugen Witz bestechende Darstellung der Grundlagen elektronischer Rechenmaschinen. Bemerkenswert ist vor allem das über *Babbage*, den großen Vorläufer der heutigen Maschinenbauer, gesammelte Material. Vielen wird das Werk längst vertraut sein. Wer es noch nicht kennt und nicht aus sprachlichen Gründen verzichten muß, dürfte auf vergnügliche Art seinen Gewinn daran haben.

In einem gänzlich anderen (gleichfalls nett zu lesenden, wenn auch minder wichtigen) Buch steht der Satz: „Der Mann, dem man keine Gelegenheit gibt, gewichtige Entscheidungen zu treffen, fängt an, alle Entscheidungen, die er trifft, für gewichtig zu halten." Das Buch heißt „Parkinsons Gesetz", wurde geschrieben von *C. N. Parkinson*, einem bis vor kurzem unbekannten Geschichtsprofessor aus Malaya, und wird, seit die deutsche Ausgabe bei Econ und Gruber erschien, eifrig diskutiert. Den Autor beschäftigen jene eigentümlichen Vorgänge, wie sie in den Verwaltungshierarchien in aller Welt auftreten: wachsende Angestelltenzahlen trotz gleichbleibendem oder gar vermindertem Arbeitsanfall beispielsweise — und er führt sie auf zutiefst im menschlichen Wesen wirkende Gesetzlichkeiten zurück. Der Leser wird auf peinlich vertraute Erscheinungen stoßen, und er wird lächeln dabei, denn das Buch zeichnet sich durch einen recht trockenen Humor aus.

Nachdenklich aber könnte es den stimmen, der vorhat, Verwaltungsaufgaben mit Rechenautomaten zu lösen: sein erstes Problem wird nämlich sein, die „effektive" Arbeit einer Abteilung zu trennen von jener Arbeit, die die Bearbeiter sich gegenseitig machen. Und das ist, wie bei Parkinson zu lesen steht, eine äußerst schwierige Geschichte.

D. Kroneberg

Die Beiträge dieses Heftes wurden geschrieben von:

Dr.-Ing. *R. Piloty* und Dipl.-Ing. *H. Zschekel*, Standard Elektrik Lorenz AG, Informatikwerk, Stuttgart-Zuffenhausen

Prof. Dr.-Ing. *K. Steinbuch*, Technische Hochschule, Karlsruhe, Institut für Nachrichtenverarbeitung und Nachrichtenübertragung

Dr.-Ing. *K. Goßlau* und Dipl.-Phys. *K. Braun*, Siemens & Halske AG, Zentrallaboratorium, München 25, Hofmannstraße

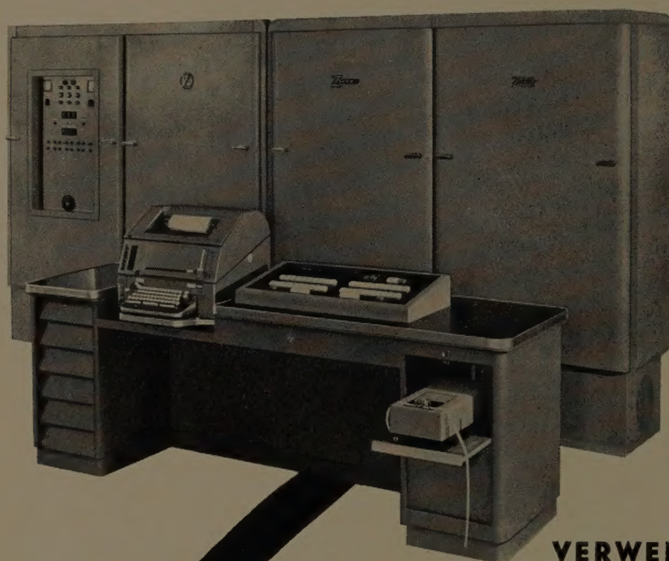
Dipl.-Ing. *W. Ammon* und Dr.-Ing. *G. Schneider*, Institut für Automation der AEG, Frankfurt a. M.-Hausen, Industriehof, Block F

Mitteilungen über die Inhaber- und Beteiligungsverhältnisse des Verlages R. Oldenbourg Verlag G.m.b.H. auf Grund des Bayerischen Gesetzes über die Presse vom 3. 10. 1949: Die Gesellschafter-Anteile befinden sich im Besitz der R. Oldenbourg K.G., München, Rosenheimer Straße 145. 1. Persönlich haftende Gesellschafter: Eberhard Oldenbourg, Verlagsbuchhändler, München, Wilhelmstr. 15; Dr. Rudolf Oldenbourg, Verlagsbuchhändler, München-Solln, Karl-Singer-Str. 3; Horst Kliemann, Verlagsbuchhändler, München, Elisabethstr. 8. 2. Kommanditisten: Mathilde v. Bernhard, München, Sternwartstr. 3; Gabriele v. Bomhard, München 15, Pettenkoferstr. 48; Cilla v. Cornides, Rieden/Tirol; Dr. Karl v. Cornides, Verlagsbuchhändler, Wien III, Neulinggasse 26; Dr. Rudolf v. Cornides, Dr. med., Innsbruck, Dreifaltigkeitsstr. 9; Wilhelm v. Cornides jr., Verlagsbuchhändler, Oberursel/Taunus, An der Heide 35; Frl. Cilla v. Cornides, Heilgymnastikerin, München, Maximilianstr. 28/3; Hans A. Fieser, Dr. Dipl.-Ing., Gauting, Waldpromenade 81; Annemarie Günther, Rieden/Tirol; Marie Hedwig [illegible], Essen-[illegible], [illegible] Landstr. 17; Brigitte [illegible], München, Mauerkircherstr. 18; Freifrau v. Meyern-Hohenberg, München, Friedrich-Herschel-Str. 12; [illegible] Scheffel-Str. 10/1; Emmy Oldenbourg, Rieden/Tirol; Hildegard Oldenbourg, München, [illegible] 10; Margit Oldenbourg, München, Wilhelmstr. 15; Wilhelm Oldenbourg, Verlagsbuchhändler, München-Solln, Karl-Singer-Str. 3; Wolfgang Oldenbourg, Kaufmann, München, [illegible]; Sophie Schmid, Bad Reichenhall, [illegible]str. 4; Gräfin Inge Schönborn, München, Sternwartstr. 5; Luise Sieper, München, Bonner Str. 24; [illegible] Hedwig v. Stengel, Grünwald b. München, [illegible]weg 2.

Z 22

DIE PROGRAMMGESTEUERTE ELEKTRONISCHE RECHENANLAGE

Rechengeschwindigkeit:	1600 Organisationsbefehle pro sec.
	25 Operationen im Gleitkomma pro sec.
Speicherkapazität:	8192 11-stellige Worte



VERWENDUNG:

Betriebswirtschaft:	Unternehmensforschung (Zuordnungs- und Optimalprobleme) Operations-Research
Bautechnik:	Hochbau, Tiefbau, Brückenberechnungen
Maschinenbau:	Schwingungssysteme
Elektrotechnik:	Netzwerke, Filter, Lastverteilungen
Kernreaktorbau:	Diffusion, Wärmeleitung
Vermessung:	Flurbereinigung, Landesvermessung, Straßenbau
Ballistik:	Flugbahn, Gaskinetik
Aerodynamik:	Strömungen
Optik:	Strahlengänge, automatische Korrektur

ZUSE KG
BAD HERSFELD